



**TESIS-SS09 2304**

**PEMODELAN *MIXTURE AUTOREGRESSIVE* (MAR)  
DENGAN PENDEKATAN ALGORITMA EM  
(Studi Kasus Pada Indeks Harga Saham Nikkei 225)**

**DIYAH MERIANA HISTORINI  
NRP. 1306 201 013**

**DOSEN PEMBIMBING**  
Prof. Drs. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D.  
Dr. Suhartono, M.Sc.

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN STATISTIKA  
JURUSAN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2010**



**THESIS-SS09 2304**

**ON MIXTURE AUTOREGRESSIVE MODELLING  
USING EM ALGORITHMS  
(APPLIED IN NIKKEI 225 STOCK EXCHANGE INDEX  
STOCK EXCHANGE INDEX)**

**DIYAH MERIANA HISTORINI  
NRP. 1306 201 013**

**SUPERVISORS**  
Prof. Drs. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D.  
Dr. Suhartono, M.Sc.

**PROGRAM OF MAGISTER  
DEPARTMENT OF STATISTICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2010**

**PEMODELAN *MIXTURE* AUTOREGRESSIVE (MAR)  
DENGAN PENDEKATAN ALGORITMA EM  
(Studi Kasus Pada Indeks Harga Saham Nikkei 225)**

Nama : Diah Meriana Historini  
NRP : 1306 201 013  
Pembimbing : Prof. Drs. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D.  
Co-Pembimbing : Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc.

**ABSTRAK**

Berbagai metode peramalan yang didasarkan atas asumsi kenormalan residual telah banyak dikembangkan dalam analisis *time series* linier. Wong dan Li (2000) menyatakan bahwa dalam kondisi riil, banyak ditemui data *time series* yang non stasioner dalam mean yang cenderung membawa sifat multimodal. Sehingga dikembangkan suatu model *time series* non linier yang berkaitan dengan sifat multimodal data yang dikenal dengan model *Mixture Autoregressive* (MAR). Model ini merupakan suatu model yang terdiri dari *mixture K* komponen Gaussian *Autoregressive* (AR). Ada beberapa kelebihan dari model MAR, yaitu mampu mengadaptasi sifat data yang *fat tails*, leptokurtik, platikurtik dan multimodal serta mampu mengakomodir sifat kemiringan data. Pada penelitian ini dilakukan kajian lebih lanjut berkaitan dengan model MAR dan estimasi parameter dengan menggunakan algoritma EM serta aplikasinya pada data saham Nikkei 225. Adapun model yang diperoleh adalah MAR(3; 3, 3, 3).

**Kata kunci:** fat-tails, leptokurtik, Mixture Autoregressive, EM Algorithm

# ON MIXTURE AUTOREGRESSIVE MODELLING USING EM ALGORITHMS

(Applied in Nikkei 225 Stock Exchange Index Stock Exchange  
Index)

Nama : Diyah Meriana Historini  
NRP : 1306 201 013  
Pembimbing : Prof. Drs. Nur Iriawan, M.IKom., Ph.D.  
Co-Pembimbing : Dr. Suhartono, S.Si., M.Sc.

## ABSTRACT

Various forecasting method based on residual normality assumption have developed in linear and nonlinear time series analysis. Wong and Li (2000) said that in real condition, there are a lot of time series data which are not follow the assumption of non-stationer in mean, couple with multimodality, skewness, and leptokurtic. Recently developed nonlinear time series model, called Mixture Autoregressive (MAR) dealing with some characteristics breaking the normality assumption above, is proposed to be studied here. This model consists of  $K$  components Autoregressive Gaussian. This research demonstrates the implementation of EM Algorithm in estimating parameters to model Nikkei 225 Stock Exchange Index stock exchange index. The analysis shows that the data follows MAR (3; 3, 3, 3).

**Keywords:** fat-tails, leptokurtic, Mixture Normal Autoregressive, EM Algorithm

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox .....  | 8  |
| Tabel 4.1 Deskriptif Statistik Data Indeks Harga Saham Nikkei 225.....  | 27 |
| Tabel 4.2 Penaksiran parameter model AR(1).....   | 31 |
| Tabel 4.3 Autokorelasi residual model AR(1).....  | 32 |
| Tabel 4.4 Hasil pengujian heteroskedastisitas residual model AR(1).....   | 33 |
| Tabel 4.5 Hasil <i>Goodness of fit</i> distribusi residual .....  | 34 |
| Tabel 4.6 Ketentuan kurtosis .....  | 36 |
| Tabel 4.7 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2, 2, 2) tanpa<br>konstanta IndeksHarga Saham Nikkei 225.....    | 42 |
| Tabel 4.8 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2tk, 2k, 2tk) Indeks<br>Harga Saham Nikkei 225 .....             | 43 |
| Tabel 4.9 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2tk, 2k, 2k)<br>IndeksHarga Saham Nikkei 225 .....               | 44 |
| Tabel 4.10 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2, 2, 2) dengan<br>konstanta IndeksHarga Saham Nikkei 225 ..... | 45 |
| Tabel 4.11 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 3, 3, 3) tanpa<br>konstanta IndeksHarga Saham Nikkei 225 .....  | 46 |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berbagai metode peramalan yang didasarkan atas asumsi kenormalan residual telah banyak dikembangkan dalam analisis *time series* linier. Di bawah asumsi ini, baik *marginal* dan *conditional* distribusinya juga harus normal. Sebagai contoh, model yang paling sering digunakan adalah model *autoregressive* (AR). Pada model ini, nilai pada waktu  $t$  merupakan fungsi linier dari nilai  $t-1$  dan *error*. *Error* yang dihasilkan harus memenuhi asumsi distribusi Gaussian dengan *mean* nol dan varian tertentu.

Wong dan Li (2000) menyatakan bahwa dalam kondisi riil, banyak ditemui data *time series* yang non stasioner dalam *mean* yang cenderung membawa sifat multimodal. Banyak juga data *time series* yang membawa sifat heteroskedastis yang memberikan pola marjinal yang membawa sifat *fat-tails* dan leptokurtik, sehingga kenormalan datanya pun dilanggar (Wong dan Li, 2000, 2001; Jin dan Li, 2006; Wong dan Chan, 2006; dan Hadiyat, 2007).

Pada tahun 1996, Le, Martin, dan Rafetery memperkenalkan *Gaussian Mixture Transition Distribution* (GMTD). Model ini mampu untuk menangkap adanya indikasi non normal dan nonlinier *time series* dalam suatu data, seperti lompatan dan *outlier*. Tetapi, ketika pendekatan ini digunakan untuk menganalisis data Canadian Lynx (Wong dan Li, 2000) ternyata tidak mampu memodelkan datanya karena ada pola siklus.

Wong dan Li (2000) telah mengembangkan suatu model *time series* non linier yang berkaitan dengan sifat multimodal data yang dikenal dengan model *Mixture Autoregressive* (MAR). Model ini merupakan suatu model yang terdiri dari *mixture*  $K$  komponen Gaussian *Autoregressive* (AR). Ada beberapa kelebihan model MAR, yaitu mampu mengadaptasi sifat data yang *fat tails*, leptokurtik, platikurtik dan multimodal serta mampu mengakomodir sifat kemiringan data.

Pemodelan data dengan menggunakan *mixture* dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *mixture* terhadap beberapa grup suatu data dan *mixture* terhadap

keseluruhan data. Jenis *mixture* yang pertama mendeteksi modelnya melalui pembagian dari sebanyak  $N$  data menjadi beberapa sub bagian yang masing-masing akan untuk mengikuti pola model tertentu dari model-model komponen penyusun *mixture* tersebut. Sedangkan *mixture* yang kedua, mendeteksi pola *mixture*nya dengan memodelkan semua data pada semua komponen dalam *mixture*. Sedangkan MAR merupakan pemodelan data dengan menggunakan *mixture* yang kedua sehingga pada penelitian ini lebih difokuskan pada model tersebut, yaitu *mixture* terhadap keseluruhan data.

Pada penelitian ini, model MAR akan diimplementasikan pada data Indeks Harga Saham Nikkei 225. Terjadinya transaksi saham didasarkan pada pengamatan para investor terhadap *performance* suatu saham, yang terlihat dari fluktuasi sahamnya. Fluktuasi yang terjadi pada saham memiliki keterkaitan dengan masa lalu, sehingga fluktuasi yang terjadi di waktu mendatang akan dapat diprediksi. Bagi investor, pemodelan terhadap saham dan informasi mengenai fluktuasi saham di waktu mendatang menjadi hal yang sangat penting dalam menentukan terjadinya transaksi saham.

Sifat indeks harga saham yang fluktuatif tersebut seringkali menyebabkan asumsi pada pemodelan *time series* tidak dapat dipenuhi. Indeks saham Nikkei sebagai variabel dalam penelitian ini menunjukkan sifat-sifat tersebut. Di samping itu, pada indeks saham Nikkei terdapat indikasi terjadinya heteroskedastisitas. Penelitian mengenai indeks saham Nikkei yang menunjukkan adanya kasus heteroskedastisitas pernah dilakukan oleh Wirastuti (2004) yang memodelkan indeks saham Nikkei dan Dow Jones menggunakan ARIMA ditambah dengan ARCH dan GARCH. Beberapa fenomena yang muncul dalam kehidupan nyata dengan kasus heteroskedastisitas dimana variabilitas tinggi, apabila dianalisis menggunakan metode univariat yang biasa akan mengakibatkan adanya bias dalam analisisnya, ((Gamerman, 1997) dan (Dalrymple, Hudson dan Ford, 2003)). Oleh karena itulah, pemodelan akan dilakukan dengan *Mixture Autoregressive* (MAR). Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Wong dan Chan (2006), yang melakukan pemodelan pada return saham dengan model *mixture* normal, serta



Wong dan Li (2000), yang melakukan pemodelan dengan MAR pada data yang mengandung heteroskedastisitas dan multimodal.

Di samping itu, model MAR dengan pendekatan Bayesian telah digunakan untuk menganalisis data indeks harga saham Nikkei 225 oleh Fatimah (2008). Penerapan metode ini pada indeks harga saham Nikkei 225 diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang umumnya terjadi pada fluktuasi saham. Yaitu seringkali memiliki pola nonstasioner dengan pola distribusi yang menunjukkan leptokurtik dan *fat tails* (Fatimah, 2008) sehingga menyebabkan asumsi pada pemodelan *time series* tidak dipenuhi. Adapun model yang diperoleh adalah MAR(2; 0, 0).

Dalam penelitian ini akan digunakan metode MAR dengan pendekatan algoritma *Expectation-Maximization* (EM) sebagai metode untuk mengestimasi parameter dengan studi kasus pada data indeks harga saham Nikkei 225.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan model MAR dengan pendekatan algoritma EM pada data indeks harga saham Nikkei 225?
2. Bagaimana membuat ramalan untuk data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dengan model MAR?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan model MAR dengan pendekatan algoritma EM pada data indeks harga saham Nikkei 225.
2. Membuat ramalan untuk data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dengan model MAR.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah keilmuan, khususnya dalam pengembangan metode untuk menyelesaikan masalah berkaitan dengan model MAR.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

1. Penyelesaian masalah ini dibatasi pada data Data Indeks Harga Saham Nikkei 225 mulai 4 Januari 2001 sampai dengan 12 Maret 2007.
2. Pemodelan MAR dengan EM algoritm dibatasi pada MAR dengan tiga komponen penyusun, yaitu  $MAR(3; p_1, p_2, p_3)$ .

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

*Time series* adalah sederetan pengamatan yang terjadi berdasarkan urutan waktu dengan interval tetap (Wei, 1994). Ciri khusus suatu *time series* adalah pengamatan yang saling berurutan bersifat dependen. Sedangkan analisis *time series* adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk menganalisis data dengan sifat dependen ini.

#### 2.1 Model Autoregressive (AR)

Model *time series* linier yang sering diaplikasikan untuk menyelesaikan suatu masalah adalah model AR. Secara umum model AR( $p$ ) dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\dot{Y}_t = \phi_1 \dot{Y}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Y}_{t-p} + a_t \quad (2.1)$$

atau

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \dot{Y}_t = a_t \quad (2.2)$$

dimana  $a_t$  memenuhi sifat *white noise* dan B adalah *backward shift operator*. Model AR( $p$ ) ini diperoleh melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi model melalui plot ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*), estimasi parameter, pemeriksaan model dan peramalan (Box, Jenkins dan Reinsel, 1994).

#### 2.2 Autokorelasi dan Autokorelasi Parsial

##### 2.2.1 Fungsi Autokorelasi (ACF)

Suatu proses stasioner ( $Z_t$ ), diketahui bahwa *mean*  $E(Z_t) = \mu$  dan varian  $\text{Var}(Z_t) = E(Z_t - \mu)^2 = \sigma^2$  adalah konstan serta kovarian  $\text{Cov}(Z_t, Z_s)$  yaitu merupakan fungsi hanya dari perbedaan waktu  $|t-s|$ . Kovarian antara  $Z_t$  dan  $Z_{t+k}$  adalah (Wei, 1994) :

$$\gamma_k = \text{Cov}(Z_t, Z_{t+k}) = E(Z_t - \mu)(Z_{t+k} - \mu) \quad (2.3)$$

dan korelasi antara  $Z_t$  dan  $Z_{t+k}$  adalah (Wei, 1994) :

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(Z_t, Z_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_t)}\sqrt{\text{Var}(Z_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (2.4)$$

dengan catatan bahwa  $\text{var}(Z_t) = \text{var}(Z_{t+k}) = \gamma_0$ .

Adapun,  $\gamma_k$  dinamakan fungsi autokovariani dan  $\rho_k$  dinamakan fungsi autokorelasi pada analisis deret waktu, karena masing-masing menyatakan korelasi dan kovariani antara  $Z_t$  dan  $Z_{t+k}$  dari proses yang sama, hanya dipisahkan oleh jarak waktu  $k$  (lag  $k$ ).

Suatu proses stasioner dapat diketahui dari fungsi autokovarian  $\gamma_k$  dan fungsi autokorelasi  $\rho_k$ , yaitu (Wei, 1994) :

1.  $\gamma_0 = \text{Var}(Z_t)$  ;  $\rho_0 = 1$
2.  $|\gamma_k| \leq \gamma_0$  ;  $|\rho_k| \leq 1$
3.  $\gamma_k = \gamma_{-k}$  dan  $\rho_k = \rho_{-k}$ , untuk semua  $k$ .

Perhitungan autokorelasi dari suatu sampel atau *sample autocorrelation function* (SACF) adalah (Wei, 1994) :

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (2.5)$$

dimana  $\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t$  adalah *mean* dari data ( $Z_t$ ) dan  $n$  adalah banyaknya data.

### 2.2.2 Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara  $Z_t$  dan  $Z_{t-k}$  apabila pengaruh dari lag waktu (*time lag*) 1, 2, 3, ...,  $k-1$  dianggap terpisah. Fungsi auto korelasi adalah suatu fungsi yang menunjukkan besarnya korelasi parsial antara pengamatan pada waktu  $t$  dengan pengamatan waktu-waktu sebelumnya.

Rumus autokorelasi parsial atau  $\phi_{kk}$  adalah:

$$\phi_{kk} = \text{corr}(Z_t, Z_{t-k} | Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}) \quad (2.6)$$

Nilai  $\phi_{kk}$  dapat ditentukan melalui persamaan Yule Walker dan hasilnya adalah sebagai berikut:

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j} \rho_j} \quad (2.7)$$

Dimana:  $\phi_{kj} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk} \phi_{k-1,k-j}$ , untuk  $j = 1, 2, \dots, k-1$ .

### 2.3 Proses *Time series* Non Stasioner

Dalam menarik kesimpulan mengenai struktur dari proses stokastik berdasarkan jumlah pengamatan terbatas, harus dilakukan penyederhanaan asumsi dari struktur tersebut. Asumsi penting yang digunakan adalah stasioneritas data. Untuk memenuhi asumsi stasioneritas, pada suatu *time series* yang nonstasioner perlu dilakukan transformasi untuk nonstasioner pada varian dan *difference* untuk nonstasioner pada *mean* terlebih dahulu (Wei, 1994).

#### 2.3.1 Proses Nonstasioner Dalam *Mean*

Suatu *series* dikatakan stasioner dalam *mean* jika proses pembangkitan yang mendasari suatu *time series* didasarkan pada *mean* yang konstan. Pada proses nonstasioner dalam *mean* ini dapat dilakukan pembedaan (*difference*) dimana tujuannya untuk mencapai stasioneritas. Notasi yang sangat bermanfaat adalah operator shift mundur (*backward shift*),  $B$ , yang mempunyai pengaruh menggeser data 1 periode ke belakang. Operasi pembedaan orde ke- $d$  menghasilkan series baru,  $W_t$ , yaitu (Makridakis, McGee dan Wheelwright, 1999):

$$W_t = (1-B)^d Z_t \quad (2.8)$$

Untuk memeriksa kestasioneran ini dapat digunakan plot *time series* dari data. Jika plot *time series* berfluktuasi di sekitar garis yang sejajar sumbu waktu, maka dapat dikatakan *series* telah stasioner dalam *mean*.

### 2.3.2 Proses Nonstasioner Dalam Varian

Suatu *series* dikatakan stasioner dalam varian jika proses pembangkitan yang mendasari suatu *time series* didasarkan pada varian atau penyebaran *series* yang konstan. Untuk proses nonstasioner dalam varian, dapat dilakukan transformasi untuk membuat *series* menjadi stasioner. Box dan Cox (1964), memperkenalkan suatu bentuk transformasi, dengan *power transformation* sebagai berikut :

$$T(Z_t) = Z_t^{(\lambda)} = \frac{(Z_t^\lambda - 1)}{\lambda} \quad (2.9)$$

dimana  $\lambda$  adalah parameter transformasi. Beberapa nilai  $\lambda$  yang umumnya digunakan dan transformasinya yang sesuai ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Transformasi Box-Cox

| Nilai Lambda | Transformasi Box-Cox |
|--------------|----------------------|
| -1           | $1/Z_t$              |
| - 0.5        | $1/\sqrt{Z_t}$       |
| 0            | $\ln Z_t$            |
| 0.5          | $\sqrt{Z_t}$         |
| 1            | $Z_t$                |

Sumber : Wei, 1994.

Beberapa hal yang berkaitan dengan penggunaan transformasi pada *time series* adalah (Wei, 1994) :

1. Transformasi ini hanya dapat dilakukan untuk *series*  $Z_t$  yang positif.
2. Transformasi, bila diperlukan, dapat dilakukan sebelum *differencing*.
3. Nilai  $\lambda$  dipilih berdasarkan *Sum of Square Error* (SSE) dari *series* hasil transformasi. Nilai SS yang terkecil akan memberikan hasil transformasi berupa *series* dengan varian paling konstan.

Seringkali, transformasi tidak hanya menstabilkan varian tetapi juga menunjukkan pendekatan pada kenormalan.

## 2.4 Proses *White Noise*

Suatu proses  $(a_t)$  dikatakan sebagai proses *white noise* jika merupakan sekelompok variabel random berurutan yang tidak saling berkorelasi dan mengikuti distribusi tertentu. *Mean* untuk proses ini konstan  $\mu_a = E(a_t)$  dan diasumsikan bernilai nol dengan varian konstan  $\text{var}(a_t) = \sigma_a^2$  dan nilai kovarian  $\gamma_k = \text{cov}(a_t, a_{t+k})$  untuk semua  $k \neq 0$  (Wei, 1994). Dengan demikian proses *white noise* adalah stasioner dengan fungsi autokovarian sebagai berikut :

$$\gamma_k = \begin{cases} \sigma_a^2 & k = 0 \\ 0 & k \neq 0, \end{cases} \quad (2.10)$$

dan fungsi autokorelasi sebagai berikut :

$$\rho_k = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ 0 & k \neq 0, \end{cases} \quad (2.11)$$

serta fungsi autokorelasi parsial sebagai berikut :

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1 & k = 0 \\ 0 & k \neq 0. \end{cases} \quad (2.12)$$

## 2.5 Model *Mixture Autoregressive*

Beberapa fenomena yang muncul dalam kondisi riil menunjukkan adanya variabilitas yang tinggi pada data. Pemodelan dengan metode univariat biasa dan dipolakan dengan pola univariabel pada kondisi tersebut akan mengakibatkan adanya bias dalam analisisnya. Oleh karena itulah digunakan model *mixture* sebagai gabungan dari beberapa sub-populasi yang masing-masing berpola univariabel. Setiap sub-populasi merupakan komponen penyusun dari model *mixture* serta mempunyai proporsi yang bervariasi untuk masing-masing komponennya. Bercampurnya beberapa pola data menjadi satu akan membentuk sebuah pola baru sebagai model *mixture* yang dapat mengakomodasi variabilitas

data yang tidak dapat terwakili apabila dipolakan dengan pola univariabel (Bohning dan Seidel, 2003).

Jika  $K$  adalah banyaknya komponen *mixture* AR dan variabel random  $X_t$  serta  $t$  didefinisikan sebagai  $\{X_t \in \mathbb{R} : t \in \mathbb{Z}\}$ . Misalkan  $F(X_t | X_{t-1}, \dots, X_0)$  adalah fungsi distribusi bersyarat  $X_t$ . Jika diketahui informasi pada masa lalu maka model *time series* MAR ( $K; p_1, p_2, \dots, p_k$ ) ini dapat dituliskan sebagai:

$$F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) = \sum_{k=1}^K \alpha_k \Phi \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \phi_{k1}X_{t-1} - \dots - \phi_{kp_k}X_{t-p_k}}{\sigma_k} \right) \quad (2.13)$$

dimana:

$F(X_t | \mathcal{F}_{t-1})$  : fungsi distribusi kumulatif  $X_t$  jika  $X_{t-1}, \dots, X_{t-p_k}$  diketahui

$\mathcal{F}_{t-1}$  : informasi pada waktu  $t-1$

$\Phi(\cdot)$  : distribusi kumulatif normal standar

$\sigma_k$  : standar deviasi masing-masing komponen

$\alpha_k$  : proporsi komponen *mixture*

$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_K = 1, \alpha_k > 0, k = 1, \dots, K$ .

### 2.5.1 Stasioneritas

Dua teorema yang digunakan sebagai bahan acuan dalam menentukan stasioneritas data  $X_t$  adalah sebagai berikut:

**Teorema 1** (Wong dan Li, 2000). Syarat perlu dan cukup agar  $X_t$  stasioner dalam *mean* adalah akar-akar persamaan

$$1 - \sum_{i=1}^p \left( \sum_{k=1}^K \alpha_k \phi_{ki} \right) z^{-i} = 0 \quad (2.14)$$

semuanya berada dalam unit *circle*, dengan  $\phi_{ki} = 0$  untuk  $i > p_k$ .



**Teorema 2** (Wong dan Li, 2000). Jika proses  $X_t$  yang mengikuti model  $MAR(K;1,...,1)$  adalah stasioner orde pertama, maka syarat perlu dan cukup untuk menjadi proses yang stasioner orde kedua adalah

$$|\alpha_1\phi_{11}^2 + \alpha_2\phi_{21}^2 + \dots + \alpha_K\phi_{K1}^2| < 1 \quad (2.15)$$

### 2.5.2 Autokorelasi

Karena model MAR merupakan model *mixture* AR, maka *range* autokorelasi yang dibangkitkan oleh model MAR seharusnya sama dengan model AR. Autokorelasi model MAR dengan memenuhi persamaan Yule-Walker. Pada proses  $\tilde{Y}_t$  yang stasioner orde kedua diperoleh

$$\rho_j = \sum_{i=1}^p \left( \sum_{k=1}^K \alpha_k \phi_{ki} \right) \rho_{|j-i|}, \quad j = 1, \dots, p, \quad (2.16)$$

dimana  $\rho_j$  adalah autokorelasi lag  $j$ .

### 2.6 Penaksiran Parameter

Untuk menaksir parameter yang ada dalam model MAR maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan fungsi kepadatan peluang untuk  $X_t$  adalah

$$f(X_t; \phi_{k0}, \phi_{kp_k}, \sigma_k, \alpha_k) = \sum_{k=1}^K \left( \frac{Z_{t,k} \alpha_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}}{\sigma_k} \right)^2 \right) \right) \quad (2.17)$$

dengan

$k$  = banyaknya komponen

$i$  = orde AR

$Z_{k,t}$  = variabel random yang tidak dapat diobservasi

$Z_{t,k} = 1$  jika  $x_t$  berasal dari komponen ke- $k$

$Z_{t,k} = 0$  jika  $x_t$  bukan berasal dari komponen ke- $k$

Langkah selanjutnya adalah membentuk fungsi likelihoodnya. Jika  $X_1, X_2, \dots, X_t$  suatu variabel random dengan fungsi kepadatan peluang  $f(X_t; \phi_{k0}, \phi_{ik}, \sigma_k, \alpha_k)$ .

Maka fungsi likelihoodnya adalah

$$\begin{aligned}
 L(X_1, \dots, X_T) &= f(X_{p+1}, \phi_{k0}, \phi_{kp_k}, \sigma_k, \alpha_k) f(X_{p+2}, \phi_{k0}, \phi_{kp_k}, \sigma_k, \alpha_k) \dots f(X_n, \phi_{k0}, \phi_{kp_k}, \sigma_k, \alpha_k) \\
 &= \prod_{t=p+1}^n f(X_t, \phi_{k0}, \phi_{kp_k}, \sigma_k, \alpha_k) \\
 &= \prod_{t=p+1}^n \sum_{k=1}^K \left( \frac{Z_{t,k} \alpha_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}}{\sigma_k} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \sum_{k=1}^K \left( Z_{kt} \left( \frac{\alpha_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \right)^{n-p} \exp \left( -\frac{1}{2} \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}}{\sigma_k} \right)^2 \right) \right)
 \end{aligned}$$

sehingga fungsi log likelihoodnya adalah

$$\begin{aligned}
 \log L(X_{p+1}, \dots, X_n) &= \log \left( \sum_{k=1}^K \left( Z_{t,k} \left( \frac{\alpha_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \right)^{n-p} \exp \left( -\frac{1}{2} \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}}{\sigma_k} \right)^2 \right) \right) \right) \\
 &= \log \left( \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \alpha_k^{(n-p)} \left( \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \right)^{(n-p)} \exp \left( -\frac{1}{2} \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}}{\sigma_k} \right)^2 \right) \right)
 \end{aligned}$$

(2.18)

Misalkan  $\log L(X_{p+1}, \dots, X_n) = l$ , maka

$$l = \sum_{t=p+1}^n \left\{ \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \log(\alpha_k) - \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \log(\sigma_k^2) - \sum_{k=1}^K \frac{Z_{t,k} \left( X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i} \right)^2}{2\sigma_k^2} \right\} \quad (2.19)$$

Kemudian dimisalkan:

$$\varepsilon_{kt} = X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}$$

sehingga persamaan (2.19) menjadi

$$l = \sum_{t=p+1}^n \left\{ \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \log(\alpha_k) - \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \log(\sigma_k^2) - \sum_{k=1}^K \frac{Z_{t,k} (\varepsilon_{kt})^2}{2\sigma_k^2} \right\} \quad (2.20)$$

Selanjutnya persamaan (2.20) diturunkan terhadap parameter-parameternya.

a. Diturunkan terhadap  $\alpha_k$

$$\begin{aligned} \frac{\partial l}{\partial \alpha_k} &= \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{\partial \sum_{k=1}^K Z_{t,k} \log(\alpha_k)}{\partial \alpha_k} \right) \\ &= \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{\partial \left( \sum_{k=1}^{K-1} Z_{t,k} \log(\alpha_k) + Z_{t,K} \log(\alpha_K) \right)}{\partial \alpha_k} \right) \\ &= \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{\partial \left( \sum_{k=1}^{K-1} Z_{t,k} \log(\alpha_k) + Z_{t,K} \log(1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \dots - \alpha_{K-1}) \right)}{\partial \alpha_k} \right) \\ &= \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{Z_{t,k}}{\alpha_k} - \frac{Z_{t,K}}{1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \dots - \alpha_{K-1}} \right) \\ &= \sum_{t=p+1}^n \left( \frac{Z_{t,k}}{\alpha_k} - \frac{Z_{t,K}}{\alpha_K} \right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

b. Diturunkan terhadap  $\phi_{ki}$

$$\frac{\partial l}{\partial \phi_{ki}} = \sum_{t=p+1}^n \frac{Z_{t,k} u(X_t, i) \varepsilon_{kt}}{\sigma_k^2}$$

dengan  $k = 1, \dots, K$

$$i = 1, \dots, p_k$$

$$u(X_t, i) = 1 \text{ untuk } i = 0 \text{ dan } u(X_t, i) = y_{t-i} \text{ untuk } i > 0.$$

c. Diturunkan terhadap  $\sigma_k$

$$\frac{\partial l}{\partial \sigma_k} = \sum_{t=p+1}^n \frac{Z_{t,k}}{\sigma_k} \left( \frac{\varepsilon_{kt}^2}{\sigma_k^2} - 1 \right), \text{ dengan } k = 1, \dots, K \quad (2.22)$$

Karena  $Z_{t,k}$  adalah vektor variabel yang tidak dapat diobservasi, maka untuk memaksimumkan fungsi log-likelihood secara langsung akan sulit. Untuk mengatasinya, Dempster, Laird, dan Rubin (1977) mengusulkan algoritma EM (*Expectation and Maximization*).

## 2.7 Algoritma *Expectation-Maximization* (EM)

Algoritma EM pertama kali diperkenalkan oleh Dempster, Laird, dan Rubin (1977), merupakan metode alternatif yang sering digunakan untuk memaksimumkan fungsi likelihood yang mengandung data *missing*. Ada dua tahap yang harus dilakukan dalam metode ini, yaitu “E” (ekspektasi) dan “M” (maksimisasi).

Misalkan diasumsikan  $x$  berdistribusi tertentu yang mengandung *missing* data  $y$ . Kemudian  $x$  ini disebut sebagai *incomplete* data dan data lengkap terletak di  $z=(x,y)$ . Selanjutnya  $z$  disebut sebagai *complete* data.

Fungsi likelihood yang pada umumnya dipakai adalah

$$L(\theta | x) = \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta) \quad (2.23)$$

Namun karena  $x$  adalah *incomplete* data, maka fungsi likelihood ini tidak dapat dimaksimumkan. Untuk menyelesaikannya terlebih dahulu dibentuk fungsi distribusi bersama untuk *complete* data

$$\begin{aligned} f(z | \theta) &= f(x, y | \theta) \\ &= f(x | y, \theta) f(y | \theta) \end{aligned} \quad (2.24)$$

Sehingga berdasarkan persamaan (2.23), likelihood untuk *complete* data direkonstruksi menjadi

$$\begin{aligned}
L(\theta | x) &= \prod_{i=1}^n f(x_i | \theta) \\
&= \prod_{i=1}^n f(x_i, y_i | \theta) \\
&= \prod_{i=1}^n f(x_i | y_i, \theta) f(y_i | \theta)
\end{aligned} \tag{2.25}$$

Bilmes (1998) menjelaskan bahwa  $L(\theta | x, y)$  dapat dituliskan sebagai  $h_{x,\theta}(y)$  di mana  $x$  dan  $\theta$  merupakan suatu konstanta, sementara  $y$  adalah sebuah variabel random, dan (2.24) umum disebut sebagai *complete data likelihood*.

Berikut ini adalah langkah dalam algoritma EM :

a. Langkah ekspektasi (E).

Paramaeter  $\theta$  diasumsikan diketahui. Data hilang  $Z_{t,k}$  akan diestimasi dengan ekspektasi bersyarat terhadap  $\theta$  dan vektor observasi  $X = (X_1, \dots, X_T)$ . Misalkan  $\tau_{kt}$  menyatakan ekspektasi bersyarat  $Z_{t,k}$  maka:

$$\begin{aligned}
\tau_{kt} &= \frac{f(x_t, \theta_k)}{\sum_{k=1}^K f(x_t, \theta_k)} \\
&= \frac{\alpha_k \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right)}{\sum_{k=1}^K \left( \alpha_k \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right) \right)} \\
\tau_{kt} &= \frac{\frac{\alpha_k}{\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right)}{\sum_{k=1}^K \left( \frac{\alpha_k}{\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right) \right)}
\end{aligned} \tag{2.26}$$

b. Langkah maksimisasi (M).

Pada langkah ini,  $Z_{t,k}$  digantikan dengan ekspektasi bersyarat  $\tau_{kt} \cdot \alpha_k$  diestimasi dengan merata-ratakan  $\tau_{kt}$ , sehingga diperoleh:

$$\alpha_k = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{t=t}^T \tau_{kt}}{(n-p)} \quad (2.27)$$

Estimasi parameter  $\theta$  dilakukan dengan memaksimumkan fungsi log likelihood  $l$ . Hal ini dilakukan dengan menyamadengankan nol turunan pertamanya. Dan kemudian menyelesaikan persamaan in. Misalkan

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_k^2 &= \frac{\sum_{t=t}^T \tau_{kt} \mathcal{E}_{kt}^2}{\sum_{t=t}^T \tau_{kt}} \\ &= \frac{\sum_{t=t}^T \tau_{kt} \left( X_t - \hat{\phi}_{0k} - \sum_{l=1}^{t-1} \hat{\phi}_{lk} X_{t-l} \right)^2}{\sum_{t=t}^T \tau_{kt}} \end{aligned} \quad (2.28)$$

dimana  $(\hat{\phi}_{01}, \hat{\phi}_{11}, \dots, \hat{\phi}_{t-1,1})$  ditentukan dengan:

Untuk  $l = 0$ ,

$$\left( \sum_{t=t}^T \tau_{kt} \right) \hat{\phi}_{0k} + \sum_{l=1}^{t-1} \left( \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-l} \right) \hat{\phi}_{lk} = \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-l} \quad (2.29)$$

Untuk  $l > 0$ ,

$$\left( \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-l'} \right) \hat{\phi}_{0k} + \sum_{l=1}^{t-1} \left( \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-l} X_{t-l'} \right) \hat{\phi}_{lk} = \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-l} X_{t-l'} \quad (2.30)$$

Jika persamaan (2.29) dan persamaan (2.30) diperinci lagi maka akan ditemukan  $t$  persamaan linier dengan  $t$  variabel  $\phi_{0k}, \dots, \phi_{pk}$  yang tak diketahui.

Misalnya  $\mathbf{A}_k$  adalah matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-1} & \cdots & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} \\ \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-1} & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-1} X_{t-1} & \cdots & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} X_{t-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-1} X_{t-t-1} & \cdots & \sum_{t=p+1}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} X_{t-t-1} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

dan misalkan  $\hat{\phi}_k$  dan  $\mathbf{b}_k$  adalah

$$\hat{\phi}_k^T = [\hat{\phi}_{0k}, \hat{\phi}_{1k}, \dots, \hat{\phi}_{pk}] \quad (2.32)$$

$$\mathbf{b}_k^T = \left[ \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t, \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t X_{t-1}, \dots, \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t X_{t-t-1} \right] \quad (2.33)$$

Sehingga persamaan (2.29) dan (2.30) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{A}_k \hat{\phi}_k = \mathbf{b}_k \quad (2.34)$$

dan penyelesaian sistem persamaan tersebut adalah:

$$\hat{\phi}_k = \mathbf{A}_k^{-1} \mathbf{b}_k \quad (2.35)$$

dan oleh karena itu  $\sigma_{ij}^2$  dapat dengan mudah dievaluasi dengan persamaan (2.28)

Apabila selisih antara nilai parameter yang diperoleh dengan nilai parameter sebelumnya lebih besar dari  $1 \times 10^{-15}$  maka proses kembali ke langkah E.

## 2.8 Uji Signifikansi Parameter

Misalkan  $\theta$  adalah suatu parameter model MAR dan  $\hat{\theta}$  adalah nilai estimasi dari parameter tersebut, serta  $\text{s.e}(\hat{\theta})$  adalah standar error dari  $\hat{\theta}$  maka uji signifikansi parameter dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

1. Hipotesis :

$$H_0 : \theta = 0$$

$$H_1 : \theta \neq 0$$

2. Statistik Uji :  $t = \frac{\hat{\theta}}{\text{s.e}(\hat{\theta})}$

### 3. Daerah penolakan

Tolak  $H_0$  jika  $|t| > t_{\alpha/2; df=n-n_p}$ ,  $np$  = jumlah parameter

## 2.9 Kriteria Pemilihan Model

### a. Mean Square Error (MSE)

MSE dihitung berdasarkan hasil sisa peramalannya. Kriteria MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum \hat{a}_t^2 \quad (2.36)$$

dengan:

$\hat{a}_t = (Z_t - \hat{Z})$  = taksiran sisa pada peramalan

$n$  = banyaknya pengamatan yang efektif

### b. Akaike's Information Criterion (AIC)

AIC adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik yang diperkenalkan oleh Akaike pada tahun 1973 dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Kriteria AIC untuk MAR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$AIC^* = -2l^* + 2 \left( 3K - 1 + \sum_{k=1}^K p_k \right) \quad (2.37)$$

dengan:

$K$  = banyaknya komponen dalam *mixture*

$p_k$  = komponen AR ke  $k$

$$l^* = \sum_{t=t}^T \log \{ f(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) \} = \sum_{t=t}^T \log \left\{ \frac{d}{dX_t} F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) \right\}$$

### c. Bayesian Information Criterion (BIC)



**BIC** merupakan pengembangan dari AIC yang dilakukan oleh Akaike pada tahun 1978-1979. Adapun BIC untuk model MAR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{BIC}^* = -2l^* + \log(n - p_{\max}) \left( 3K - 1 + \sum_{k=1}^K p_k \right) \quad (2.38)$$

dengan:

$K$  = banyaknya komponen dalam *mixture*

$p_k$  = komponen AR ke  $k$

$$l^* = \sum_{t=t}^T \log \{ f(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) \} = \sum_{t=t}^T \log \left\{ \frac{d}{dX_t} F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) \right\}$$

## 2.10 Peramalan Model MAR

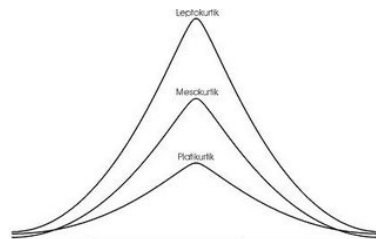
Peramalan satu tahap untuk model MAR dapat dinyatakan sebagai berikut;

$$\hat{X}_t = \sum_{k=1}^K \alpha_k \left( \phi_{0k} + \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{jk} X_{t-i} \right) \quad (2.39)$$

yang merupakan ekspektasi bersyarat pada waktu  $t$ .

## 2.11 Kurtosis

Sebelum dilakukan pemodelan, ada baiknya dilihat terlebih dahulu distribusi atau sebaran dari data, sehingga pemodelan yang dilakukan akan lebih tepat. Dalam analisis statistik pemeriksaan distribusi yang mendasar adalah dengan melihat variabilitas dari suatu data. Salah satu caranya adalah dengan melihat kurtosisnya. Kurtosis adalah derajat keruncingan suatu distribusi (biasanya diukur relatif terhadap distribusi normal). Distribusi yang lebih runcing dari distribusi normal dengan kurtosis positif dinamakan *leptokurtik*, yang lebih datar dengan kurtosis negatif disebut *platikurtik* dan distribusi normal disebut *mesokurtik*. Untuk memberikan gambaran visual, berikut ini diberikan ilustrasi kurtosis (Gambar 2.1) :



### Gambar 2.1. Ilustrasi Kurtosis

Berdasarkan Gambar 2.1, distribusi leptokurtik memiliki puncak lebih tinggi di sekitar *mean* yang menunjukkan probabilitas nilai di sekitar *mean* yang lebih tinggi daripada variabel berdistribusi normal dan ekor tebal (*fat tails*) yang menunjukkan probabilitas adanya nilai ekstrim yang lebih tinggi pula. Contoh dari distribusi yang leptokurtik meliputi distribusi Laplace, dan distribusi logistik. Distribusi yang platikurtik memiliki puncak lebih rendah di sekitar *mean* yang menunjukkan probabilitas nilai di sekitar *mean* lebih rendah daripada variabel berdistribusi normal dan ekor yang tipis (*thin tails*) yang menunjukkan probabilitas adanya nilai ekstrim yang lebih rendah pula. Distribusi uniform merupakan kasus yang ekstrim dari sifat distribusi platikurtik.

Secara umum, kurtosis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{kurtosis} = \frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^4}{(n-1)s^4} \quad (2.40)$$

dimana  $Z$  adalah *mean* dari data observasi,  $s$  adalah standar deviasi, dan  $n$  adalah jumlah observasi. Kurtosis untuk distribusi normal standar adalah tiga. Namun kemudian dilakukan modifikasi sehingga kurtosis untuk normal adalah nol, sehingga persamaan kurtosis akan dituliskan sebagai berikut :

$$\text{kurtosis} = \frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^4}{(n-1)s^4} - 3 \quad (2.41)$$

Namun, persamaan (2.31) tersebut masih merupakan penaksir kurtosis sampel yang bias terhadap kurtosis populasi. Perhitungan kurtosis populasi yang biasa digunakan pada beberapa paket program komputer (seperti Minitab, SAS, dan SPSS) adalah :

$$\text{kurtosis} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{t=1}^n \left[ \frac{(Z_t - \bar{Z})}{s} \right]^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (2.42)$$

dimana  $Z_t$  adalah observasi ke- $t$ ,  $\bar{Z}$  adalah *mean* dari observasi,  $N$  adalah jumlah dari observasi yang tidak hilang (*nonmissing*), dan  $s$  adalah standar deviasi. Pada penelitian ini, pemeriksaan kurtosis akan dilakukan dengan paket program Minitab. Berdasarkan paket program Minitab, dengan kurtosis seperti pada Persamaan (2.35), maka kurtosis untuk normal adalah nol.

## 2.12 Indeks Harga Saham

Wijaya (2005) menyebutkan bahwa indeks saham (*Stock Indeks*) adalah suatu indeks yang digunakan untuk melihat pergerakan saham secara keseluruhan. Dengan kata lain, perubahan saham di suatu bursa akan tercermin pada pergerakan nilai indeks sahamnya. Indeks saham merupakan indikator yang sangat baik untuk melihat fluktuasi harga saham rata-rata di bursa, dan dihitung melalui pembobotan yang adil untuk setiap saham perusahaan yang tercakup di dalamnya. Perhitungan indeks saham dilakukan secara rata-rata terboboti (*weighted average*), dengan besar pembobot berbeda untuk masing-masing perusahaan yang dapat didasarkan pada:

- a. Harga saham masing-masing perusahaan
- b. Kapitalisasi pasar oleh masing-masing perusahaan, yakni banyaknya saham dikali harga saham.

Selain perhitungan berdasarkan rata-rata terboboti, terdapat suatu acuan dasar perhitungan untuk menentukan nilai indeks saham, yang biasa disebut sebagai *base date*. Pada setiap periode, terdapat empat jenis harga indeks saham yang dicatat, yakni harga pembukaan (*opening price*), harga penutupan (*closing price*), harga tertinggi (*highest price*) dan harga terendah (*lowest price*). Para pialang seringkali mengacu pada *closing price* dalam proses spekulasi perdagangan indeks saham.

Bursa efek Tokyo adalah bursa saham yang terletak di Tokyo, Jepang. Nikkei 225 merupakan indikator harga yang merupakan harga rata-rata dari saham 225 perusahaan teratas di Jepang yang terdaftar di Bursa efek Tokyo. Jepang merupakan negara maju yang perkembangan ekonominya sangat mempengaruhi

perekonomian di wilayah Asia. Oleh karena itulah, bursa Tokyo ini menjadi salah satu acuan penting perekonomian Asia.

Nikkei 225 pertama didirikan pada 15 Mei 1878 dan mulai diperdagangkan pada 1 Juni 1878. Selama Perang Dunia II bursa ini sempat ditutup, kemudian perdagangan dibuka kembali pada 16 Mei 1949. Metode perhitungan indeks Nikkei 225 saat ini adalah menggunakan *Weighted Averaged Method*.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Bahan dan Alat Penelitian**

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Jurnal dan referensi yang terkait dengan tujuan penelitian.
2. Data Indeks Harga Saham Nikkei 225 mulai 4 Januari 2001 sampai dengan 12 Maret 2007.
3. Alat bantu komputer dan *software* antara lain: MATLAB 6.5, MINITAB 14, R 2.4.0 dan SAS 9.

#### **3.2. Langkah-langkah Penelitian**

Untuk menjawab permasalahan sebagaimana dalam bab pendahuluan maka dilakukan metode analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat histogram, plot *time series*, plot ACF dan PACF.
2. Identifikasi model melalui plot yang telah dibuat.

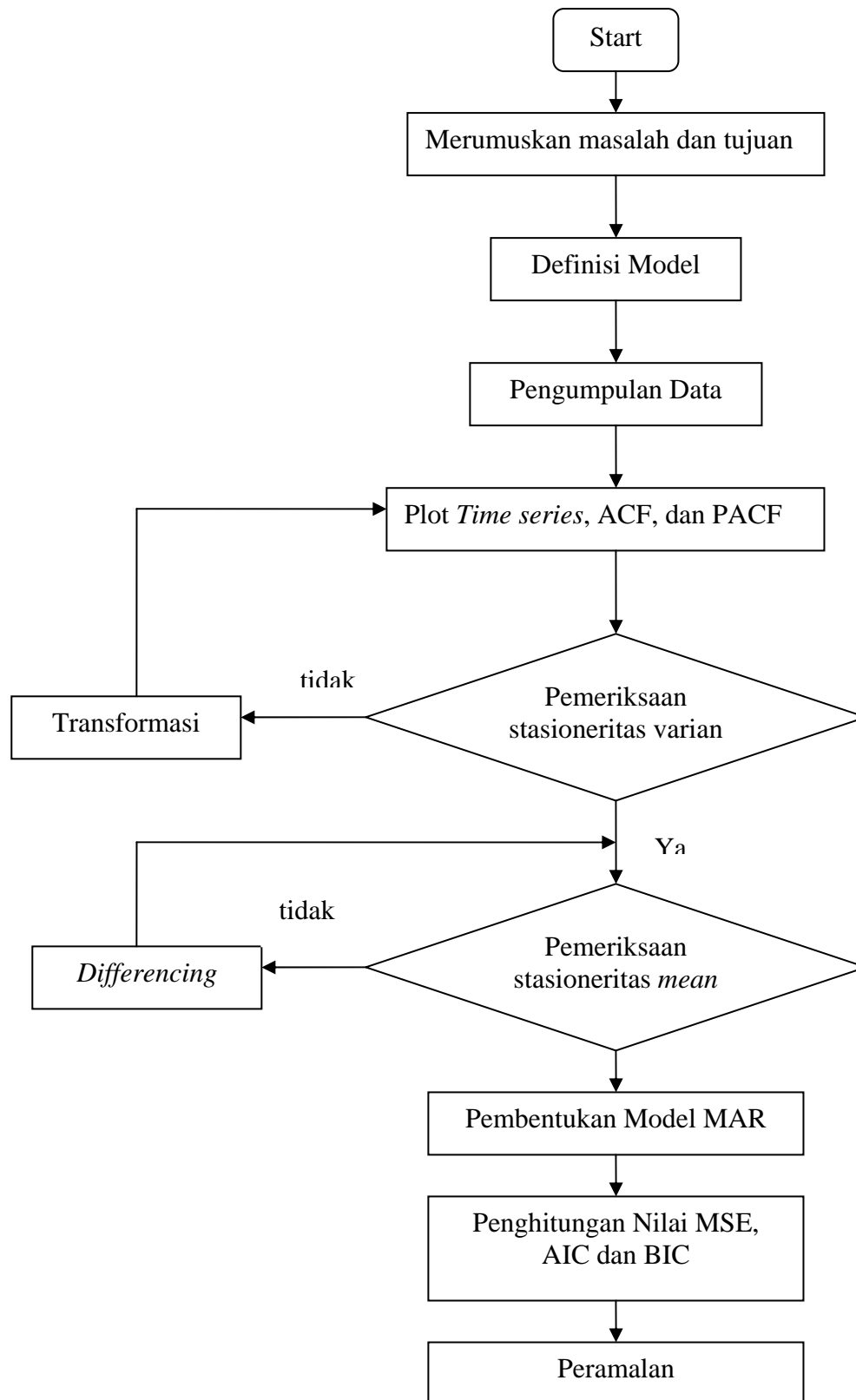
Langkah ini dilakukan untuk mengetahui apakah data *time series* sudah stasioner dalam *mean* dan varian.

- a. Jika data tidak stasioner varian maka perlu dilakukan transformasi Box-Cox.
- b. Jika data tidak stasioner *mean* maka perlu dilakukan *differencing*.
3. Data yang telah distasionerkan dibuat plot *time series*, plot ACF dan PACF kembali untuk mengidentifikasi apakah data tersebut sudah stasioner dalam *mean* dan varian.
4. Data Indeks Harga Saham Nikkei 225 yang telah stasioner diestimasi parameter modelnya dengan menggunakan algoritma EM.
5. Pemeriksaan model.

Parameter-parameter yang telah diperoleh diuji signifikansi parameter modelnya. Model yang semua parameternya telah signifikan digunakan untuk melakukan langkah peramalan.

6. Menghitung nilai-nilai kriteria pemilihan model terbaik, yaitu MSE, AIC, dan BIC.  
Apabila ada beberapa model yang memenuhi syarat signifikansi parameter, maka untuk memilih model terbaiknya digunakan kriteria pemilihan model terbaik MSE, AIC dan BIC.
7. Peramalan

Langkah ini dilakukan dengan menggunakan model terbaik yang telah diperoleh dari langkah sebelumnya.



**Gambar 3.1** Alur Pelaksanaan Penelitian

## **BAB 4**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Deskriptif Model Indeks Harga Saham Nikkei 225**

Analisis deskriptif variabel yang digunakan dalam analisis ini diperlukan untuk mengetahui karakteristik data. Deskriptif Indeks Harga Saham Nikkei 225 dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.1 Deskriptif Statistik Data Indeks Harga Saham Nikkei 225

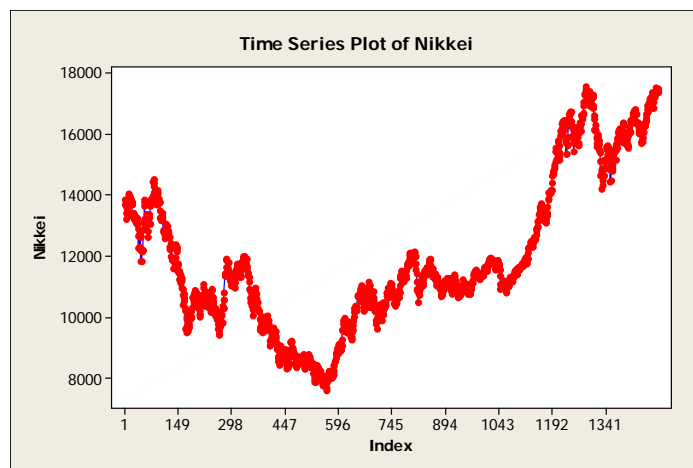
| <b>Statistik</b> | <b>Nilai</b> |
|------------------|--------------|
| N                | 1487         |
| <i>Mean</i>      | 11954        |
| Standar Deviasi  | 2490         |
| Minimum          | 7608         |
| Maksimum         | 17563        |
| Skewness         | 0.61         |
| Kurtosis         | -0.54        |

Dari statistik deskriptif di atas diketahui bahwa rata-rata harga indeks harga saham sebesar 11954. Selisih nilai maksimum dan minimum sebesar 9955. Selisih ini dianggap cukup besar, sehingga memberi indikasi besarnya keragaman yang terjadi. Sedangkan standar deviasi yang diperoleh sebesar 2490. Besarnya keragaman yang terjadi sangat mungkin terjadi karena kondisi perekonomian internasional yang tidak stabil sehingga menyebabkan timbulnya fluktuasi harga saham.



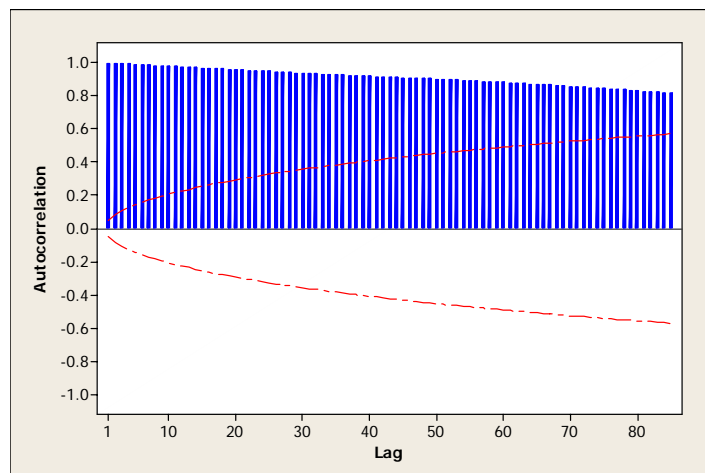
## 4.2 Identifikasi Awal

Pada sub bab ini akan dilakukan pemeriksaan kestasioneran data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dan identifikasi model. Dalam langkah ini diharapkan data dalam keadaan stasioner baik dalam *mean* maupun varian. Apabila data belum stasioner, maka dilakukan *differencing* dan transformasi. Proses identifikasi diawali dengan langkah pemeriksaan plot *time series* dan plot ACF.



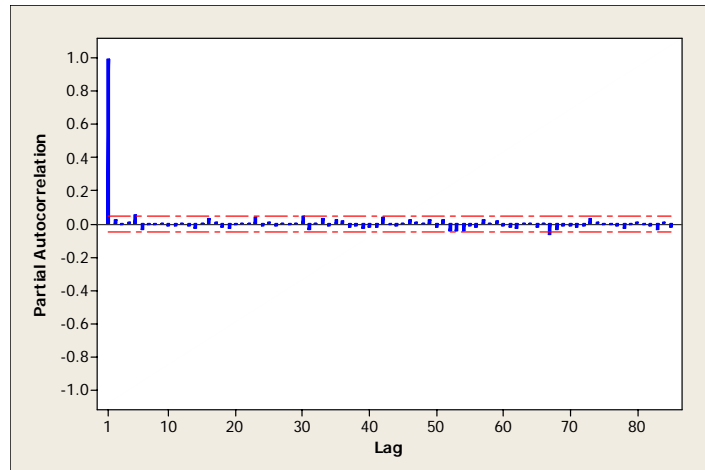
Gambar 4.1 Plot *Time series* Indeks Nikkei 225

Plot data indeks harga saham Nikkei 225 dapat dilihat pada Gambar 4.1. Melalui plot *time series* di atas dapat diketahui bahwa data tersebut tidak stasioner dalam varian dan *mean*. Karena trend masih tidak sejajar dengan garis horizontal.



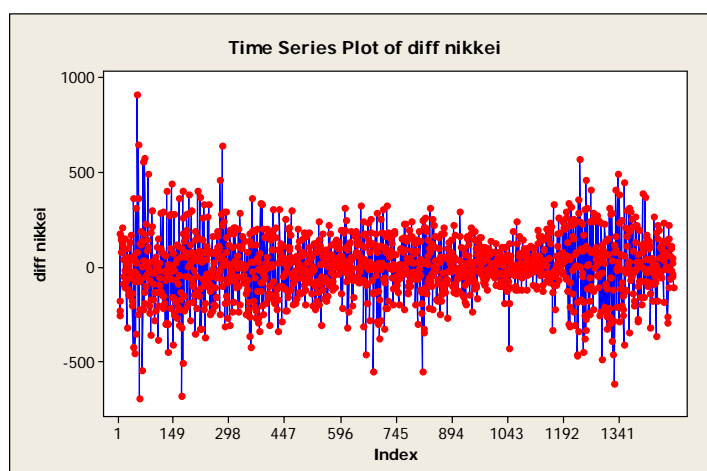
Gambar 4.2 Plot ACF Indeks Nikkei 225

Disamping itu, ketidakstationeran dalam *mean* dapat dilihat dari plot ACF. Dari gambar di atas diketahui bahwa lag pada plot ACF turun lambat menuju ke nol.



Gambar 4.3 Plot PACF Indeks Nikkei 225

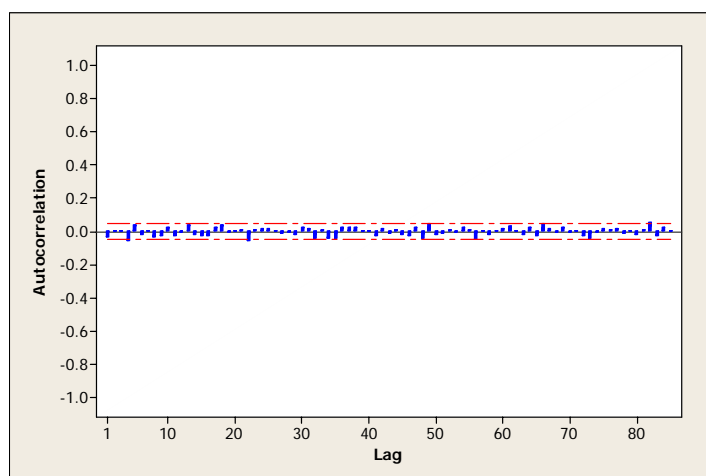
Ketidakstasioneran terhadap *mean* dapat diatasi dengan melakukan *differencing*. Berdasarkan plot PACF pada Gambar 4.3 yang menunjukkan lag keluar pada lag pertama, maka dilakukan *differencing* 1. Setelah *differencing* 1, dari plot time series terlihat bahwa series telah stasioner terhadap *mean*, seperti terlihat pada Gambar 4.4.



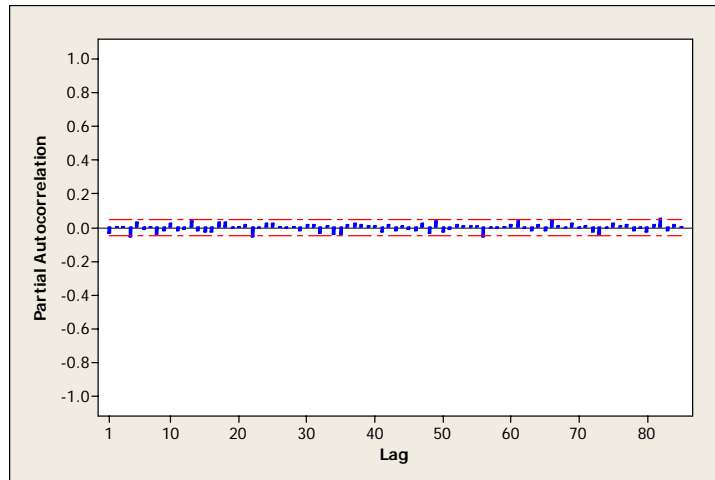
Gambar 4.4 Plot *Time series* Indeks Nikkei 225 yang telah didifferencing 1

Setelah diperoleh series yang stasioner, maka dilakukan identifikasi model. Namun, berdasarkan Gambar 4.4, data setelah *differencing* 1 menunjukkan pola random walk. Sehingga, estimasi parameter model adalah estimasi *mean* yang pada data random walk, *mean* akan berkisar pada nilai nol. Hal tersebut kurang sesuai dengan kondisi di lapangan, karena dalam pasar indeks harga saham hal tersebut berarti, nilai indeks akan berjalan secara konstan atau tidak terjadi perubahan. Sedangkan dalam kenyataannya, pola time series saham sangat fluktuatif, dan dengan adanya fluktuasi tersebut investor akan mendapatkan return atau keuntungan.

Identifikasi model berdasarkan plot ACF dan PACF seperti terlihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, lag menunjukkan keluar pada lag ke-82 dan seterusnya. Pada pergerakan saham, harga indeks saham saat ini hanya dipengaruhi oleh indeks saham sebelumnya dalam rentang waktu yang tidak terlalu panjang. Sehingga, dalam hal ini plot ACF dan PACF data setelah *differencing* 1 memberikan informasi yang kurang sesuai dengan kenyataan di lapangan. Karena itulah, pemodelan dengan metode ARIMA menggunakan data setelah *differencing* 1 tidak dapat dilakukan, sehingga pemodelan akan dilakukan menggunakan informasi data asli. Hal ini juga sesuai dengan kenyataan di pasar saham bahwa para pelaku saham umumnya hanya menggunakan data asli, tanpa *differencing* atau transformasi.



Gambar 4.5 Plot ACF *Differencing* 1



Gambar 4.6 Plot PACF *Differencing 1*

#### 4.3. Pemodelan AR(1)

Menggunakan informasi pada series sebelum *differencing 1*, plot PACF menunjukkan lag keluar pada lag pertama. Sehingga series akan dimodelkan dengan ARIMA (1,0,0). Hasil penaksiran parameter dengan pemodelan ARIMA (1,0,0) ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Penaksiran Parameter Model AR (1)

| Parameter | Taksiran | Standar deviasi | T-Ratio | P-Value | Keterangan  |
|-----------|----------|-----------------|---------|---------|-------------|
| $\mu$     | 13692.4  | 167.24082       | 81.87   | <.0001  | Tolak $H_0$ |
| $\phi_1$  | 0.99884  | 0.0013164       | 758.76  | <.0001  | Tolak $H_0$ |

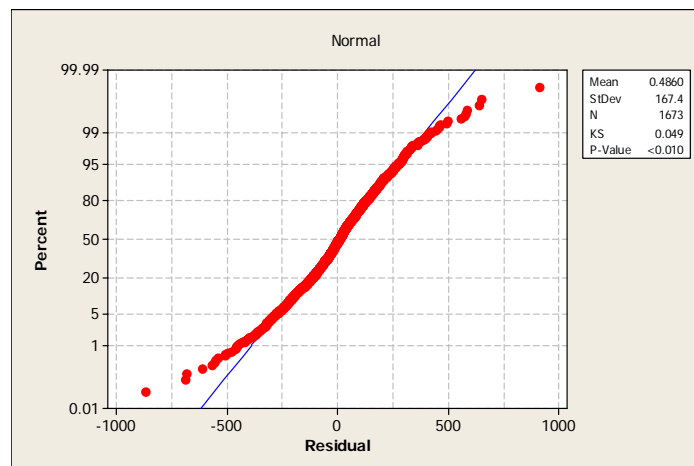
Berdasarkan hasil penaksiran parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa parameter  $\mu$  dan  $\phi_1$  signifikan dalam model karena probabilitas dari t-ratio lebih besar dari  $\alpha (= 0.05)$ . Maka selanjutnya dilakukan pengujian asumsi residual independen, identik, dan residual normal IIDN( $0, \sigma^2$ ).

Pertama kali dilakukan pengujian residual *white noise*, maka dapat diketahui nilai autokorelasi residual, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.3. Hasil autokorelasi residual menunjukkan bahwa residual telah memenuhi asumsi *white noise*. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai probabilitas dari Chi-Square yang lebih besar dari  $\alpha (= 0.05)$ .

Tabel 4.3. Autokorelasi Residual Model AR (1)

| Lag | Chi-Square | DF | Probabilitas |
|-----|------------|----|--------------|
| 6   | 9.75       | 5  | 0.0826       |
| 12  | 14.65      | 11 | 0.1992       |
| 18  | 23.92      | 17 | 0.1216       |
| 24  | 30.23      | 23 | 0.1429       |
| 30  | 32.87      | 29 | 0.2830       |
| 36  | 43.86      | 35 | 0.1448       |
| 42  | 48.06      | 41 | 0.2084       |
| 48  | 53.43      | 47 | 0.2410       |

Setelah asumsi residual independen terpenuhi, maka kemudian dilakukan pengujian asumsi residual berdistribusi normal. Plot probabilitas dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan pengujian Kolmogorov-Smirnov diperoleh nilai probabilitas kurang dari  $\alpha$  ( $=0.05$ ), sehingga dapat dikatakan bahwa residual tidak mengikuti distribusi normal.



Gambar 4.7 Plot Probabilitas Kenormalan dan Hasil Pengujian Kolmogorov-Smirnov

Pengujian asumsi residual dilanjutkan pada pengujian heteroskedastisitas dengan menggunakan Lagrange Multiplier ditunjukkan pada Tabel 4.4, yang

menunjukkan adanya kasus heteroskedastisitas pada residual, sehingga asumsi homogenitas varian tidak dapat terpenuhi. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai probabilitas dari Lagrange multiplier yang kurang dari  $\alpha$  ( $= 0.05$ ).

Setelah dilakukan pemodelan dengan ARIMA (1,0,0), diketahui bahwa residual belum memenuhi asumsi distribusi normal dan terjadi heteroskedastisitas. Berdasarkan probabilitasnya, residual model ARIMA (1,0,0) mengikuti distribusi Logistik. Hasil *Goodness of Fit* distribusi residual ditampilkan pada Tabel 4.5, yang perhitungannya dilakukan pada paket program *EasyFit*.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Heteroskedastisitas  
Residual Model AR (1)

| Order | LM       | Probabilitas |
|-------|----------|--------------|
| 1     | 10.4505  | 0.0012       |
| 2     | 29.6588  | <.0001       |
| 3     | 84.3245  | <.0001       |
| 4     | 87.6272  | <.0001       |
| 5     | 92.1736  | <.0001       |
| 6     | 131.1019 | <.0001       |
| 7     | 141.3764 | <.0001       |
| 8     | 141.3782 | <.0001       |
| 9     | 141.4190 | <.0001       |
| 10    | 142.8607 | <.0001       |
| 11    | 142.8703 | <.0001       |
| 12    | 154.2157 | <.0001       |

Berdasarkan hasil tersebut, maka residual akan mengikuti distribusi logistik, sehingga estimasi parameter modelnya sebaiknya juga disesuaikan. Oleh karena itulah, pemodelan indeks saham Nikkei akan dilakukan dengan Mixture Autoregressive dengan pendekatan algoritma EM yang mampu memodelkan time series yang tidak mengikuti distribusi tidak normal / *non-Gaussian time series*.

Tabel 4.5. Hasil *Goodness of Fit* Distribusi Residual

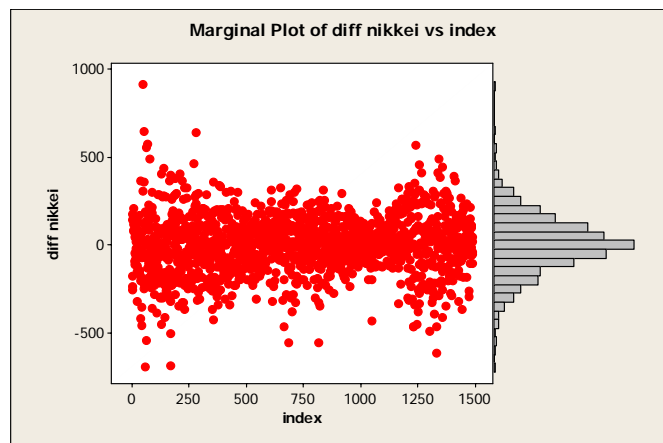
|    | Distribution       | Kolmogorov Smirnov    |          | Anderson Darling |      | Chi-Squared |      |
|----|--------------------|-----------------------|----------|------------------|------|-------------|------|
|    |                    | Statistic             | Rank     | Statistic        | Rank | Statistic   | Rank |
| 1  | Beta               | 0.0538                | 6        | 10.495           | 6    | 70.635      | 5    |
| 2  | Chi-Squared (2P)   | 0.27708               | 13       | 1666.9           | 15   | 2601.6      | 11   |
| 3  | Exponential (2P)   | 0.44627               | 15       | 516.03           | 14   | 5077.7      | 12   |
| 4  | Gamma (3P)         | 0.06189               | 7        | 9.0783           | 5    | 74.251      | 6    |
| 5  | Gen. Extreme Value | 0.0431                | 3        | 54.118           | 9    | N/A         |      |
| 6  | Gen. Pareto        | 0.08816               | 9        | 370.82           | 13   | N/A         |      |
| 7  | Gumbel Max         | 0.10331               | 11       | 42.073           | 8    | 171.99      | 8    |
| 8  | Laplace            | 0.03924               | 2        | 3.2309           | 2    | 26.512      | 2    |
| 9  | <b>Logistic</b>    | <b>0.03127</b>        | <b>1</b> | 1.6606           | 1    | 19.298      | 1    |
| 10 | Lognormal (3P)     | 0.05237               | 5        | 7.2262           | 4    | 57.011      | 3    |
| 11 | Normal             | 0.04878               | 4        | 6.5965           | 3    | 57.34       | 4    |
| 12 | Rayleigh (2P)      | 0.33067               | 14       | 323.34           | 11   | 2082.3      | 10   |
| 13 | Student's t        | 0.48278               | 16       | 5101.2           | 16   | 6455.1      | 13   |
| 14 | Triangular         | 0.20513               | 12       | 196.48           | 10   | 1431.9      | 9    |
| 15 | Uniform            | 0.10261               | 10       | 325.94           | 12   | N/A         |      |
| 16 | Weibull (3P)       | 0.06489               | 8        | 16.038           | 7    | 123.51      | 7    |
| 17 | Chi-Squared        | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |
| 18 | Exponential        | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |
| 19 | Gamma              | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |
| 20 | Lognormal          | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |
| 21 | Pareto             | No fit                |          |                  |      |             |      |
| 22 | Rayleigh           | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |
| 23 | Weibull            | No fit (data min < 0) |          |                  |      |             |      |

#### 4.4 Pemodelan *Mixture Autoregressive*

Berdasarkan Gambar 4.1, plot *time series* pada awalnya menunjukkan penurunan indeks harga saham dan kemudian terjadi kenaikan. Hal tersebut menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup besar pada data tersebut. Penurunan dan kenaikan itu memberi penjelasan adanya variabilitas yang tinggi.

Maka dicoba untuk melakukan pemodelan dengan menggunakan *Mixture Autoregressive* (MAR) untuk mengakomodir residual yang tidak berdistribusi normal tersebut. Karena menurut Wong dan Li, 2000, model MAR ini dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai bentuk multimodal, leptokurtik dan *fat tails*.

Histogram data Indeks Harga Saham Nikkei 225 menunjukkan bahwa data tersebut mempunyai pola multimodal.



Gambar 4.8 Marginal Plot data yang telah diff1

Dari marginal plot data yang telah *didifferencing* diketahui bahwa data Indeks Harga Saham Nikkei 225 mempunyai bentuk fat-tails dan leptokurtik. Adanya leptokurtik dan *fat tails* memberikan indikasi bahwa pada data tersebut terdapat lebih satu distribusi. Sehingga jika dipolakan dengan pola univariabel satu distribusi dan dimodelkan dengan metode univariat, variabilitas yang tinggi kurang dapat terwakili. Di samping itu, pada Tabel 4.1 juga diketahui bahwa nilai skewness data sebesar -0.04 dan kurtosis sebesar 1.73. Untuk kurtosis, ketentuan nilainya adalah sebagai berikut:



Tabel 4.6 Ketentuan Kurtosis

| Nilai Kurtosis | Arti        |
|----------------|-------------|
| Mendekati 0    | Normal      |
| Negatif        | Platikurtik |
| Positif        | Leptokurtik |

Karena data mempunyai nilai kurtosis positif maka dapat disimpulkan bahwa data berbentuk leptokurtik. Inilah yang menyebabkan data tidak bisa diakomodir dengan satu distribusi saja. Dengan menggunakan model MAR, data bisa dipisah menjadi beberapa komponen yang berdistribusi normal dengan varian yang berbeda-beda untuk mengakomodasi data *outlier*.

Pada penelitian ini, model MAR akan diimplementasikan dengan tiga komponen model MAR.

#### 4.4.1 Algoritma Program Estimasi Parameter MAR

Langkah-langkah untuk mengestimasi parameter MAR dengan pendekatan algoritma EM adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data time series

```
% Menentukan data time series
DT{1,1}=[176.12 ; -257.101 ; -177.858 ; ... .. ; -48.53
; 19.73 ; -106.77];
```

1. Menghitung panjang data.

```
% Hitung panjang data
nd=length(DT{1,1});
```

2. Menentukan banyaknya komponen.

Untuk menentukan banyaknya komponen sebaiknya disesuaikan dengan histogram dari data yang sudah distasionerkan

```
% Menentukan banyaknya komponen
md=3;
```

3. Menentukan orde autoregressive setiap komponen dengan memperhatikan model yang akan dibuat.

```
% Menentukan orde AR setiap komponen
o(1)=3;
o(2)=2;
o(3)=2;
```

5. Menentukan komponen mana yang mengandung konstanta dan yang tidak mengandung konstanta dengan memberikan nilai pada variabel penentu:
- Jika mengandung konstanta maka variabel bernilai 1.
  - Jika tidak mengandung konstanta maka variabel bernilai 0.

```
% Menentukan komponen mana yang mempunyai dan yang tidak
mempunyaikonstanta
konst(1)=0;
konst(2)=1;
konst(3)=0;
```

6. Menentukan nilai awal dari proporsi atau peluang ( $\alpha_k$ ) setiap komponen. Jumlah proporsi harus sama dengan 1.

```
% Menentukan nilai awal proporsi atau peluang
p(1)=0.5;
p(2)=0.25;
p(3)=0.25;
```

7. Menentukan nilai awal variansi ( $\sigma_k$ ) setiap komponen.

Inisial awal untuk variansi sebaiknya bilangan yang cukup besar. Hal ini diperlukan untuk menghindari adanya pembagi nol pada saat menghitung ekspektasi bersyarat.

```
% Menentukan nilai awal variansi
v(1)=4000;
v(2)=4000;
v(3)=2000;
```

1. Menentukan nilai awal setiap koefisien ( $\phi_{i0}$ ,  $\phi_{il}$ ) dari autoregressive untuk setiap komponen.

Pengisian nilai awal untuk koefisien autoregressive dipilih nilai sebarang. Sebagai contoh, karena  $\text{konst}(1) = 0$  maka  $\text{QI}(1,1)=0,5$  sebagai koefisien pertama pada komponen pertama, sedangkan  $\text{QI}(1,2)=0.5$  adalah konstanta

pada komponen kedua sebab  $\text{konst}(2) = 1$ , sehingga yang menjadi koefisien pertama pada komponen kedua adalah  $\text{QI}(2,2)=0.5$ .

```
% Menentukan nilai awal koefisien autoregressive setiap
komponen
QI(1,1)=0.5;
QI(2,1)=0.4;
QI(3,1)=-0.4;

QI(1,2)=0.5;
QI(2,2)=0.5;
QI(3,2)=-0.3;

QI(1,3)=0.5;
QI(2,3)=0.3;
```

9. Menghitung data taksiran  $(\hat{X}_t)$  dan error  $(\varepsilon_{kt})$  sesuai keadaan model.

$\varepsilon_{kt} = X_t - \phi_{k0} - \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{ki} X_{t-i}$  adalah *error*,  $X_t$  adalah data asli dan

$\phi_{0,i} + \sum_{l=1}^p \phi_{l,i} X_{t-l}$  adalah data taksiran. Sedangkan  $\phi_{0j}$ ,  $\phi_{ii}$  adalah nilai awal koefisien autoregressive

10. Langkah selanjutnya adalah menyimpan nilai-nilai koefisien dan variansi pada variabel baru sebagai variabel yang akan digunakan dalam perhitungan konvergensi.
11. Menentukan nilai awal syarat konvergensi (berikan nilai lebih besar dari 1).  
Variabelnya adalah **konvergen1** untuk selisih antara koefisien lama dan baru.  
Variabelnya adalah **konvergen2** untuk selisih antara variansi lama dan baru.
12. Jika syarat konvergensi, kurang dari  $10^{-15}$ , belum terpenuhi yaitu konvergen1 maupun konvergen2 maka lakukan hal sebagai berikut (Iterasi algoritma EM):
- a. Menghitung ekspektasi bersyarat  $(\tau_{kt})$  setiap periode waktu untuk setiap komponen. Berdasarkan persamaan (2.26) diperoleh persamaan untuk menghitung nilai ekspektasi bersyarat  $(\tau_{kt})$  :

$$\tau_{kt} = \frac{\frac{\alpha_k}{\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right)}{\sum_{k=1}^K \left(\frac{\alpha_k}{\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_{kt}}{\sigma_k}\right)^2\right)\right)}$$

$\alpha_k$  = proporsi setiap komponen ke- $k$

$\sigma_k$  = variansi setiap komponen ke- $k$ .

$\varepsilon_{kt}$  = error dari setiap setiap observasi.

- b. Menghitung proporsi atau peluang  $\alpha_k$  yang baru untuk setiap komponen.

$$\alpha_k = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{t=t}^T \tau_{kt}}{(n-p)}$$

- a. Membuat matriks  $\mathbf{A}_k$  untuk setiap komponen.

Dari hasil persamaan (2.31) maka diperoleh matrik  $\mathbf{A}_k$

$$\begin{bmatrix} \sum_{t=t}^T \tau_{kt} & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-1} & \cdots & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} \\ \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-1} & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-1} X_{t-1} & \cdots & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} X_{t-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-1} X_{t-t-1} & \cdots & \sum_{t=t}^T \tau_{kt} X_{t-t-1} X_{t-t-1} \end{bmatrix}$$

- b. Membuat vektor  $\mathbf{b}_k$  untuk setiap komponen

Berdasarkan persamaan (2.33) maka diperoleh matrik  $\mathbf{b}_k$  sebagai berikut

$$\mathbf{b}_k^T = \left[ \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t, \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t X_{t-1}, \dots, \sum_{t=p+1}^{T_j} \tau_{kt} X_t X_{t-t-1} \right]$$

- e. Menghitung koefisien baru  $(\phi_{0k}, \phi_{pk})$  dengan mengalikan invers matriks

$\mathbf{A}_k$  dengan  $\mathbf{b}_k$ .

$$\hat{\phi}_k^T = [\hat{\phi}_{0k}, \hat{\phi}_{1k}, \dots, \hat{\phi}_{pk}]$$

$$\hat{\phi}_k = \mathbf{A}_k^{-1} \mathbf{b}_k$$

- f. Menghitung nilai variansi baru ( $\sigma_k^2$ ).

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{\sum_{t=t}^T \tau_{kt} \left( X_t - \hat{\phi}_{0k} - \sum_{l=1}^{t-1} \hat{\phi}_{lk} X_{t-l} \right)^2}{\sum_{t=t}^T \tau_{kt}}$$

- g. Menghitung nilai konvergensi yang baru.
- Mengurangkan antara koefisien-koefisien yang lama dan yang baru.
  - Mengambil nilai yang terbesar dari absolut selisih-selisih tersebut di atas sebagai nilai konvergen1 yang baru.
  - Mengurangkan antara variansi-variansi yang lama dengan baru.
  - Mengambil nilai yang terbesar dari absolut selisih-selisih tersebut di atas sebagai nilai konvergen2 yang baru.
- h. Jika syarat konvergensi belum terpenuhi (konvergen1 atau konvergen2 masih lebih besar dari  $10^{-15}$ ) maka kembali ke langkah 13.a.

13. Jika syarat konvergensi telah terpenuhi:

- a. Menampilkan nilai proporsi atau peluang.
- b. Menampilkan nilai variansi setiap komponen.
- c. Menampilkan nilai koefisien setiap komponen.
- d. Menghitung standar error koefisien setiap komponen dengan cara:
  - mengambil nilai diagonal dari invers matriks  $A_i$
  - Lalu mengalikan dengan variansi  $\sigma_i$  dan hasilnya diakarkan.
- e. Menghitung nilai uji T setiap koefisien dan setiap komponen dengan cara membagi nilai koefisien dengan standar errornya.
- f. Menghitung nilai  $p$ -value berdasarkan nilai  $t$  hitung dan derajat bebas sama dengan banyaknya pengamatan kurang banyaknya parameter (orde autoregressive).
- g.. Menampilkan nilai standar error
- h. Menampilkan nilai uji T.
- i. Menampilkan nilai  $p$ -value.

j. Menghitung nilai MSE dan AIC serta tampilkan nilainya.

$$- \text{MSE} = \frac{1}{n} \sum a_i^2$$

$$a_i = \text{error} = e_i$$

$n$  = banyaknya pengamatan yang efektif

$$- \text{AIC} = n \times \ln(\text{MSE}) + 2 \times f + n \times (1 + \ln(2\pi))$$

$n$  = banyaknya pengamatan yang efektif

$f$  = banyaknya parameter (banyaknya koefisien + banyaknya variansi)

k. Menghitung nilai BIC dan tampilkan nilainya

$$\text{BIC} = n \times \ln(\text{MSE}) + n \times (1 + \ln(2\pi)) + 2(f + 2)q - 2q^2$$

$n$  = banyaknya pengamatan yang efektif

$f$  = banyaknya parameter (banyaknya koefisien + banyaknya variansi).

$$q = \frac{n\hat{\sigma}^2}{\text{SSE}} = \frac{\hat{\sigma}^2}{\text{MSE}}$$

$$\hat{\sigma}^2 = \text{variansi dari error}, \hat{\sigma}^2 = \frac{e_i - \bar{e}_i}{n-1}$$

#### 4.4.2 Pemodelan MAR (3; 2, 2, 2) Tanpa Konstanta

Dengan menggunakan model MAR dengan pendekatan algoritma EM, Indeks Harga Saham Nikkei 225 diolah dengan syarat konvergensi mencapai  $10^{-15}$ . Data yang digunakan dalam pengolahan data adalah data setelah *didifferencing*. Sebagai langkah awal, data Indeks Harga Saham Nikkei 225 diduga mempunyai model MAR (3; 2, 2, 2) tanpa konstanta. Dari *running* program diperoleh estimasi parameter seperti pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Pada komponen pertama, semua komponennya signifikan. Hal ini dapat dilihat dari pengujian di bawah ini:

$$H_0 : \phi_{11} = 0$$

$$H_1 : \phi_{11} \neq 0$$

Nilai T hitung yang diperoleh adalah -7.8142. Kriteria wilayah penolakan adalah  $|T \text{ hitung}| > t \text{ table}$  pada taraf signifikansi  $\alpha = 0.05$ . Sedangkan pada t tabel untuk

db>60 diperoleh nilai sebesar 1,64. Karena  $|T_{hitung}| > 1.64$  maka dapat disimpulkan untuk menolak hipotesis awal, artinya  $\phi_{11} \neq 0$ .

Tabel 4.7 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2, 2, 2) tanpa konstanta Indeks Harga Saham Nikkei 225

| Parameter    | Nilai   | Standar Error | T hitung | p-Value |
|--------------|---------|---------------|----------|---------|
| Komponen 1   |         |               |          |         |
| $\alpha_1$   | 0.3639  |               |          |         |
| $\phi_{11}$  | -0.2514 | 0.0322        | -7.8173  | 0       |
| $\phi_{12}$  | 0.3055  | 0.0325        | 9.3944   | 0       |
| $\sigma_1^2$ | 15468   |               |          |         |
| Komponen 2   |         |               |          |         |
| $\alpha_2$   | 0.4279  |               |          |         |
| $\phi_{21}$  | 0.1634  | 0.0498        | 3.2796   | 0.0005  |
| $\phi_{22}$  | -0.2326 | 0.0489        | -4.7603  | 0       |
| $\sigma_2^2$ | 41458   |               |          |         |
| Komponen 3   |         |               |          |         |
| $\alpha_3$   | 3794    |               |          |         |
| $\phi_{31}$  | 0.0167  | 0.0217        | 0.7694   | 0.22    |
| $\phi_{32}$  | -0,0759 | 0.0221        | -3.431   | 0.0003  |
| $\sigma_3^2$ | 147     |               |          |         |

Pada komponen yang kedua, semua koefisien parameter modelnya juga signifikan. Hal ini dapat dilihat dari nilai p-value yang diperoleh sebesar 0.0005 dan 0. Nilai ini dianggap kurang dari nilai  $\alpha = 0.05$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa  $\phi_{21}$  dan  $\phi_{22} \neq 0$ .

Namun, pada komponen ketiga salah satu koefisiennya ada yang mempunyai p-value yang lebih besar dari 0.05. Artinya, model MAR (3; 2, 2, 2) mempunyai koefisien parameter yang tidak signifikan. Sehingga data Indeks Harga Saham Nikkei 225 perlu dimodelkan dengan model MAR yang lain.

#### 4.4.3 Pemodelan MAR (3; 2, 2, 2)

Model MAR (3; 2, 2, 2), dengan komponen pertama tanpa konstanta, komponen kedua dengan konstanta dan komponen ketiga tanpa konstanta tidak memenuhi asumsi signifikansi untuk semua parameternya. Sehingga untuk mendapatkan model yang lain, dicoba untuk memasukkan parameter koefisien pada komponen kedua. Adapun hasil estimasi parameternya dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2tk, 2k, 2tk) Indeks Harga Saham Nikkei 225

| Parameter    | Nilai    | Standar Error | T hitung | p-Value |
|--------------|----------|---------------|----------|---------|
| Komponen 1   |          |               |          |         |
| $\alpha_1$   | 0.3633   |               |          |         |
| $\phi_{11}$  | -0.2514  | 0.0322        | -7.8142  | 0       |
| $\phi_{12}$  | 0.306    | 0.0325        | 9.4040   | 0       |
| $\sigma_1^2$ | 15457,77 |               |          |         |
| Komponen 2   |          |               |          |         |
| $\alpha_2$   | 0.4285   |               |          |         |
| $\phi_{20}$  | 0.5374   | 8.0812        | 0.0665   | 0.4735  |
| $\phi_{21}$  | 0.1629   | 0.0498        | 3.2730   | 0.0005  |
| $\phi_{22}$  | -0.2321  | 0.0488        | -4.7538  | 0       |
| $\sigma_2^2$ | 41433,23 |               |          |         |
| Komponen 3   |          |               |          |         |
| $\alpha_3$   | 0.2082   |               |          |         |
| $\phi_{31}$  | 0.0165   | 0.0217        | 0.7621   | 0.223   |
| $\phi_{32}$  | -0,0759  | 0.0221        | -3.4301  | 0.0003  |
| $\sigma_3^2$ | 3791,67  |               |          |         |

Hasil yang diperoleh pada Tabel 4.8 di atas menunjukkan bahwa pada komponen kedua dan ketiga ada parameter yang tidak signifikan. Jadi, model yang kedua ini masih belum dapat digunakan untuk memodelkan data Indeks Harga Saham Nikkei 225.



#### 4.4.4 Pemodelan MAR (3; 2, 2, 2)

Karena sejauh ini model-model yang diperoleh masih mempunyai komponen yang tidak signifikan, maka perlu dibuat model yang lebih sesuai. Untuk mendapatkan model yang seluruh koefisien parameternya signifikan, maka coba dimasukkan konstanta pada komponen ketiga.

Tabel 4.9 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2tk, 2k, 2k) Indeks Harga Saham Nikkei 225

| Parameter    | Nilai    | Standar Error | T hitung | p-Value |
|--------------|----------|---------------|----------|---------|
| Komponen 1   |          |               |          |         |
| $\alpha_1$   | 0.3276   |               |          |         |
| $\phi_{11}$  | -0.2705  | 0.0339        | -7.9756  | 0       |
| $\phi_{12}$  | 0.331    | 0.0343        | 9.661    | 0       |
| $\sigma_1^2$ | 15548,98 |               |          |         |
| Komponen 2   |          |               |          |         |
| $\alpha_2$   | 0.4044   |               |          |         |
| $\phi_{20}$  | -4.2773  | 8.49          | -0.5038  | 0.3072  |
| $\phi_{21}$  | 0.1657   | 0.0523        | 3.1677   | 0.0008  |
| $\phi_{22}$  | -0.2347  | 0.0513        | -4.5745  | 0       |
| $\sigma_2^2$ | 43155,44 |               |          |         |
| Komponen 3   |          |               |          |         |
| $\alpha_3$   | 0.268    |               |          |         |
| $\phi_{30}$  | 12.8319  | 3.7482        | 3.4235   | 0.0003  |
| $\phi_{31}$  | 0.0122   | 0.0231        | 0.5264   | 0.2993  |
| $\phi_{32}$  | -0,0775  | 0.0235        | -3.3011  | 0.0005  |
| $\sigma_3^2$ | 5539,66  |               |          |         |

Namun, pada model MAR (3; 2tk, 2k, 2k) koefisien parameter pada komponen kedua dan ketiga masih ada yang tidak signifikan. Sehingga masih perlu dibuat model yang lain yang lebih sesuai.

#### 4.4.5 Pemodelan MAR (3; 2, 2, 2) dengan Konstanta

Semua parameter model MAR (3; 2, 2, 2) dengan konstanta mempunyai p-value kurang dari 0.05. Sehingga semua parameter bisa dikatakan signifikan.

Tabel 4.10 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 2, 2, 2) dengan Konstanta Indeks Harga Saham Nikkei 225

| Parameter    | Nilai   | Standar Error | T hitung | p-Value |
|--------------|---------|---------------|----------|---------|
| Komponen 1   |         |               |          |         |
| $\alpha_1$   | 0.2825  |               |          |         |
| $\phi_{10}$  | 18.4336 | 6.4542        | 2.858    | 0.0022  |
| $\phi_{11}$  | 0.1023  | 0.0394        | 2.5916   | 0.0048  |
| $\phi_{12}$  | -0.5393 | 0.0398        | -13.5533 | 0       |
| $\sigma_1^2$ | 17427   |               |          |         |
| Komponen 2   |         |               |          |         |
| $\alpha_2$   | 0.1354  |               |          |         |
| $\phi_{20}$  | 0.3101  | 0.114         | 2.7203   | 0.0033  |
| $\phi_{21}$  | 0.2733  | 0.1128        | 2.4237   | 0.0077  |
| $\phi_{22}$  | -0.3    | 0             | 0        | 0       |
| $\sigma_2^2$ | 69215   |               |          |         |
| Komponen 3   |         |               |          |         |
| $\alpha_3$   | 0.5821  |               |          |         |
| $\phi_{30}$  | -0.1572 | 0.0252        | -6.2407  | 0       |
| $\phi_{31}$  | 0.1905  | 0.0251        | 7.58     | 0       |
| $\phi_{32}$  | -0,3    | 0             | 0        | 0       |
| $\sigma_3^2$ | 147     |               |          |         |

Pemodelan MAR (3; 2, 2, 2) dengan konstanta mempunyai nilai MSE sebesar 26767,64, AIC sebesar 19329,24 dan BIC = 19331,25. Nilai-nilai kriteria pemilihan model terbaik ini dianggap cukup besar. Sehingga data Indeks Harga Saham Nikkei 225 perlu dimodelkan kembali dengan nilai kriteria pemilihan model yang lebih kecil.

#### 4.4.6 Pemodelan MAR (3; 3, 3, 3) tanpa Konstanta

Akhirnya diperoleh model MAR (3; 3, 3, 3) tanpa mengikutkan konstanta. Hasil estimasi parameter untuk model MAR (3; 3, 3, 3) dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil estimasi parameter model MAR (3; 3, 3, 3) tanpa Konstanta Indeks Harga Saham Nikkei 225

| Parameter    | Nilai   | Standar Error | T hitung | p-Value |
|--------------|---------|---------------|----------|---------|
| Komponen 1   |         |               |          |         |
| $\pi_1$      | 0.631   |               |          |         |
| $\phi_{11}$  | -0.1052 | 0.0265        | -3.9762  | 0       |
| $\phi_{12}$  | 0.1541  | 0.0264        | 5.8347   | 0       |
| $\phi_{13}$  | -0.2309 | 0.0261        | -8.83    | 0       |
| $\sigma_1^2$ | 17427   |               |          |         |
| Komponen 2   |         |               |          |         |
| $\pi_2$      | 0.2689  |               |          |         |
| $\phi_{21}$  | 0.2070  | 0.0643        | 3.2189   | 0.0007  |
| $\phi_{22}$  | -0.3113 | 0.0621        | -5.0105  | 0       |
| $\phi_{23}$  | 0.3760  | 0.0625        | 6.0163   | 0       |
| $\sigma_2^2$ | 43152   |               |          |         |
| Komponen 3   |         |               |          |         |
| $\pi_3$      | 0.1     |               |          |         |
| $\phi_{31}$  | -0.0881 | 0.0144        | -6.0986  | 0       |
| $\phi_{32}$  | -0.1759 | 0.0159        | -11.0342 | 0       |
| $\phi_{33}$  | 0.4104  | 0.0168        | 24.3891  | 0       |
| $\sigma_3^2$ | 0.0895  |               |          |         |

Model MAR (3; 3, 3, 3) tanpa mengikutkan konstanta ini mempunyai nilai MSE sebesar 26760.59, AIC sebesar 19319.82, dan BIC nya 19321.83. Ketiga nilai kriteria pemilihan model ini mempunyai nilai yang lebih kecil daripada model MAR (3; 2, 2, 2) dengan konstanta. Sehingga, yang selanjutnya akan digunakan untuk memodelkan data Indeks Harga Saham Nikkei 225 ini adalah MAR (3; 3, 3, 3) tanpa mengikutkan konstanta.

MAR (3; 3, 3, 3) tanpa mengikutkan konstanta untuk Indeks Harga Saham Nikkei 225 dapat dituliskan dengan:

$$\begin{aligned}
 F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) &= 0.631 \Phi \left( \frac{X_t - (1 - 0.1052)X_{t-1} - (0.1541 + 0.1052)X_{t-2} - (-0.2309 - 0.1541)X_{t-3} - 0.2309X_{t-4}}{132.01} \right) \\
 &\quad + 0.2689 \Phi \left( \frac{X_t - (1 + 0.2070)X_{t-1} - (-0.3113 - 0.2070)X_{t-2} - (0.3760 + 0.3113)X_{t-3} + 0.3760X_{t-4}}{207.73} \right) \\
 &\quad + 0.1 \Phi \left( \frac{X_t - (1 - 0.0881)X_{t-1} - (-0.1759 + 0.0881)X_{t-2} - (0.4104 + 0.1759)X_{t-3} + 0.4104X_{t-4}}{0.2992} \right) \\
 F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) &= 0.631 \Phi \left( \frac{X_t - 0.8948X_{t-1} - 0.2593X_{t-2} + 0.385X_{t-3} - 0.2309X_{t-4}}{132.01} \right) \\
 &\quad + 0.2689 \Phi \left( \frac{X_t - 1.2070X_{t-1} + 0.5183X_{t-2} - 0.6873X_{t-3} + 0.3760X_{t-4}}{207.73} \right) \\
 &\quad + 0.1 \Phi \left( \frac{X_t - 0.9119X_{t-1} + 0.0878X_{t-2} - 0.5863X_{t-3} + 0.4104X_{t-4}}{0.2992} \right)
 \end{aligned}$$

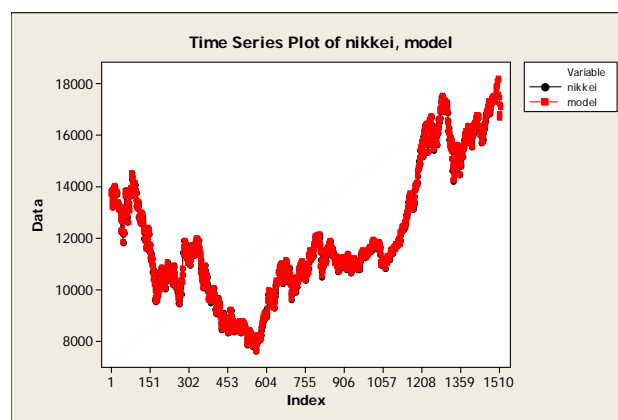
Model yang terbentuk adalah model *mixture* normal yang terdiri dari tiga model normal dengan proporsi dan varian yang berbeda. Model pertama memiliki varian sebesar 17427, model kedua memiliki varian sebesar 43152, dan model ketiga memiliki varian sebesar 0.089. Nilai proporsi pada model menunjukkan bahwa model pertama memberi kontribusi sebesar 0.631 terhadap model keseluruhan, model kedua memberi kontribusi sebesar 0.2689 terhadap model keseluruhan, dan model ketiga memberi kontribusi sebesar 0.1.

Pada model MAR (3; 3, 3, 3) diketahui bahwa katiga varian dan *mean* masing-masing model berbeda. Hal ini dapat menjelaskan bahwa komponen kedua adalah komponen yang dapat menangkap *fat tails* karena memiliki varian tertinggi dari komponen lainnya.

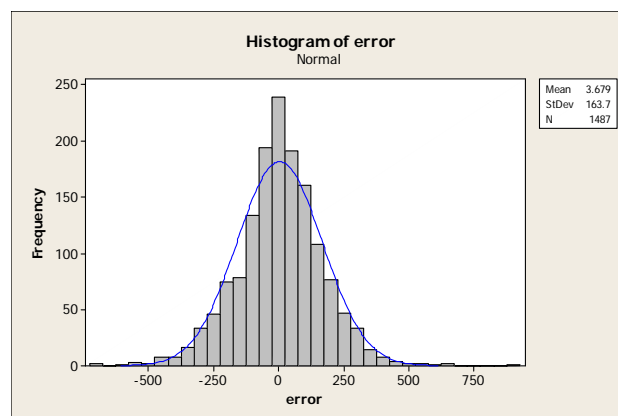
#### 4.5 Peramalan

Untuk membantu para pemegang saham dalam mengambil keputusan apakah dia harus membeli atau menjual sahamnya maka dilakukan peramalan. Peramalan untuk model MAR (3; 3, 3, 3) dapat diperoleh dari persamaan di bawah ini:

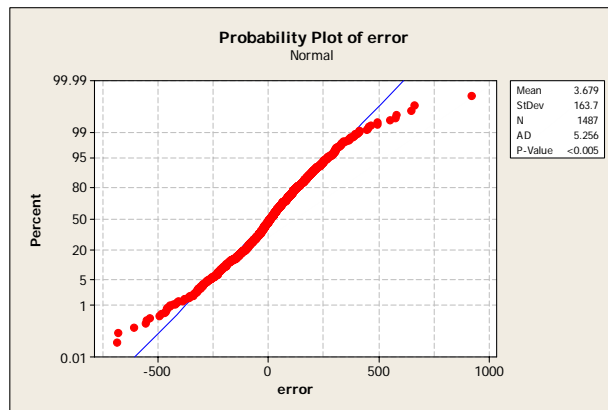
$$X_t = 0.631(0.8948X_{t-1} + 0.2593X_{t-2} - 0.385X_{t-3} + 0.2309X_{t-4}) + 0.2689(1.2070X_{t-1} - 0.5183X_{t-2} + 0.6873X_{t-3} - 0.3760X_{t-4}) + 0.1(0.9119X_{t-1} - 0.0878X_{t-2} + 0.5863X_{t-3} - 0.4104X_{t-4})$$



Gambar 4.9 Plot time series data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dan data hasil Pemodelan



Gambar 4.10 Histogram error hasil pemodelan data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dan data hasil pemodelan



Gambar 4.11 Normal Probability plot error hasil pemodelan data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dan data hasil pemodelan

Dari histogram error hasil pemodelan data Indeks Harga Saham 225 di atas terlihat bahwa bentuknya sudah mendekati distribusi normal. Akan tetapi pada Uji Anderson-Darling terlihat bahwa ternyata error hasil pemodelan tersebut tidak berdistribusi normal.

## Lampiran 1

### Indeks Harga Saham Nikkei 225

|           |         |           |         |           |         |            |         |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------|
| 1/4/2001  | 13691.5 | 3/21/2001 | 13103.9 | 6/4/2001  | 13312.3 | 8/16/2001  | 11515   |
| 1/5/2001  | 13867.6 | 3/22/2001 | 12854   | 6/5/2001  | 13182   | 8/17/2001  | 11445.5 |
| 1/9/2001  | 13610.5 | 3/23/2001 | 13214.5 | 6/6/2001  | 13174.8 | 8/20/2001  | 11257.9 |
| 1/10/2001 | 13432.7 | 3/26/2001 | 13862.3 | 6/7/2001  | 13277.5 | 8/21/2001  | 11280.4 |
| 1/11/2001 | 13201.1 | 3/27/2001 | 13638.3 | 6/8/2001  | 13430.2 | 8/22/2001  | 11396.4 |
| 1/12/2001 | 13347.7 | 3/28/2001 | 13765.5 | 6/11/2001 | 13226.5 | 8/23/2001  | 11126.9 |
| 1/15/2001 | 13506.2 | 3/29/2001 | 13072.4 | 6/12/2001 | 12840.1 | 8/24/2001  | 11166.3 |
| 1/16/2001 | 13584.5 | 3/30/2001 | 12999.7 | 6/13/2001 | 12823.5 | 8/27/2001  | 11275   |
| 1/17/2001 | 13667.6 | 4/2/2001  | 12937.9 | 6/14/2001 | 12846.7 | 8/28/2001  | 11189.4 |
| 1/18/2001 | 13873.9 | 4/3/2001  | 13124.5 | 6/15/2001 | 12790.4 | 8/29/2001  | 10979.8 |
| 1/19/2001 | 13989.1 | 4/4/2001  | 13242.8 | 6/18/2001 | 12697.8 | 8/30/2001  | 10938.5 |
| 1/22/2001 | 14032.4 | 4/5/2001  | 13381.4 | 6/19/2001 | 12574.3 | 8/31/2001  | 10713.5 |
| 1/23/2001 | 13984.7 | 4/6/2001  | 13383.8 | 6/20/2001 | 12674.6 | 9/3/2001   | 10409.7 |
| 1/24/2001 | 13893.6 | 4/9/2001  | 12841.8 | 6/21/2001 | 12962.4 | 9/4/2001   | 10772.6 |
| 1/25/2001 | 13803.4 | 4/10/2001 | 12620.3 | 6/22/2001 | 13044.6 | 9/5/2001   | 10598.8 |
| 1/26/2001 | 13696.1 | 4/11/2001 | 13174.9 | 6/25/2001 | 12896.5 | 9/6/2001   | 10650.3 |
| 1/29/2001 | 13845.3 | 4/12/2001 | 13352.4 | 6/26/2001 | 12978.8 | 9/7/2001   | 10516.8 |
| 1/30/2001 | 13826.7 | 4/13/2001 | 13385.7 | 6/27/2001 | 12829   | 9/10/2001  | 10195.7 |
| 1/31/2001 | 13843.5 | 4/16/2001 | 13254.9 | 6/28/2001 | 12679.9 | 9/11/2001  | 10293   |
| 2/1/2001  | 13779.5 | 4/17/2001 | 13067.1 | 6/29/2001 | 12969   | 9/12/2001  | 9610.1  |
| 2/2/2001  | 13703.6 | 4/18/2001 | 13641.8 | 7/2/2001  | 12751.2 | 9/14/2001  | 10008.9 |
| 2/5/2001  | 13385.5 | 4/19/2001 | 13868.3 | 7/3/2001  | 12817.4 | 9/17/2001  | 9504.4  |
| 2/6/2001  | 13269.8 | 4/20/2001 | 13765.7 | 7/4/2001  | 12629   | 9/18/2001  | 9679.9  |
| 2/7/2001  | 13366   | 4/23/2001 | 13715.6 | 7/5/2001  | 12607.3 | 9/19/2001  | 9939.6  |
| 2/9/2001  | 13422.8 | 4/24/2001 | 13743.2 | 7/6/2001  | 12306.1 | 9/20/2001  | 9785.2  |
| 2/13/2001 | 13274.7 | 4/25/2001 | 13827.5 | 7/9/2001  | 12239.7 | 9/21/2001  | 9555    |
| 2/14/2001 | 13284.1 | 4/26/2001 | 13973   | 7/10/2001 | 12300.4 | 9/25/2001  | 9694    |
| 2/15/2001 | 13327.4 | 4/27/2001 | 13934.3 | 7/11/2001 | 12005.1 | 9/26/2001  | 9641.7  |
| 2/16/2001 | 13175.5 | 5/1/2001  | 14425.5 | 7/12/2001 | 12408   | 9/27/2001  | 9696.5  |
| 2/19/2001 | 13119.6 | 5/2/2001  | 14421.6 | 7/13/2001 | 12355.2 | 9/28/2001  | 9774.7  |
| 2/20/2001 | 13248.4 | 5/7/2001  | 14529.4 | 7/16/2001 | 12343.4 | 10/1/2001  | 9972.3  |
| 2/21/2001 | 13100.1 | 5/8/2001  | 14289   | 7/18/2001 | 11892.6 | 10/2/2001  | 10136.6 |
| 2/22/2001 | 13073.4 | 5/9/2001  | 14084.8 | 7/19/2001 | 11908.4 | 10/3/2001  | 9924.2  |
| 2/23/2001 | 13246   | 5/10/2001 | 14017.8 | 7/23/2001 | 11609.6 | 10/4/2001  | 10205.5 |
| 2/26/2001 | 13201.1 | 5/11/2001 | 14043.9 | 7/24/2001 | 11883.3 | 10/5/2001  | 10205.9 |
| 2/27/2001 | 13059.9 | 5/14/2001 | 13873   | 7/25/2001 | 11891.6 | 10/9/2001  | 10011.8 |
| 2/28/2001 | 12883.5 | 5/15/2001 | 14054   | 7/26/2001 | 11858.6 | 10/10/2001 | 9964.9  |
| 3/1/2001  | 12681.7 | 5/16/2001 | 13694.3 | 7/27/2001 | 11798.1 | 10/11/2001 | 10347   |
| 3/2/2001  | 12261.8 | 5/17/2001 | 13910.7 | 7/30/2001 | 11579.3 | 10/12/2001 | 10632.3 |
| 3/5/2001  | 12322.2 | 5/18/2001 | 13877.8 | 7/31/2001 | 11860.8 | 10/16/2001 | 10637.8 |
| 3/6/2001  | 12687.7 | 5/21/2001 | 14176.8 | 8/1/2001  | 11959.3 | 10/17/2001 | 10755.5 |
| 3/7/2001  | 12723.9 | 5/22/2001 | 14091.2 | 8/2/2001  | 12399.2 | 10/18/2001 | 10474.8 |
| 3/8/2001  | 12650.6 | 5/23/2001 | 14067.7 | 8/3/2001  | 12242   | 10/19/2001 | 10538.8 |
| 3/9/2001  | 12627.9 | 5/24/2001 | 13895.8 | 8/6/2001  | 12243.9 | 10/22/2001 | 10565.4 |
| 3/12/2001 | 12171.4 | 5/25/2001 | 13765.9 | 8/7/2001  | 12319.5 | 10/23/2001 | 10861.6 |

|            |         |           |         |           |         |            |         |
|------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------|
| 3/13/2001  | 11819.7 | 5/28/2001 | 13737.8 | 8/8/2001  | 12163.7 | 10/24/2001 | 10802.2 |
| 3/14/2001  | 11843.6 | 5/29/2001 | 13773.9 | 8/9/2001  | 11754.6 | 10/25/2001 | 10880.1 |
| 3/15/2001  | 12152.8 | 5/30/2001 | 13493.3 | 8/10/2001 | 11735.1 | 10/26/2001 | 10795.2 |
| 3/16/2001  | 12233   | 5/31/2001 | 13262.1 | 8/13/2001 | 11477.6 | 10/29/2001 | 10612.3 |
| 3/19/2001  | 12191   | 6/1/2001  | 13261.8 | 8/15/2001 | 11755.4 | 10/30/2001 | 10512.8 |
| 10/31/2001 | 10366.3 | 1/18/2002 | 10293.3 | 4/4/2002  | 11379.2 | 6/19/2002  | 10476.2 |
| 11/1/2001  | 10347.3 | 1/21/2002 | 10280.3 | 4/5/2002  | 11335.5 | 6/20/2002  | 10613   |
| 11/2/2001  | 10383.8 | 1/22/2002 | 10051   | 4/8/2002  | 11352.9 | 6/21/2002  | 10354.3 |
| 11/5/2001  | 10447.5 | 1/24/2002 | 10074   | 4/9/2002  | 11114.5 | 6/24/2002  | 10471.3 |
| 11/6/2001  | 10633.7 | 1/25/2002 | 10144.1 | 4/10/2002 | 11218.6 | 6/25/2002  | 10496.7 |
| 11/7/2001  | 10285   | 1/28/2002 | 10220.8 | 4/11/2002 | 11147.3 | 6/26/2002  | 10074.6 |
| 11/8/2001  | 10431.8 | 1/29/2002 | 10026   | 4/12/2002 | 10963   | 6/27/2002  | 10261.6 |
| 11/9/2001  | 10215.7 | 1/30/2002 | 9919.5  | 4/15/2002 | 11137.3 | 6/28/2002  | 10621.8 |
| 11/12/2001 | 10081.6 | 1/31/2002 | 9997.8  | 4/16/2002 | 11346.7 | 7/1/2002   | 10595.4 |
| 11/13/2001 | 10030.6 | 2/1/2002  | 9791.4  | 4/17/2002 | 11543.7 | 7/2/2002   | 10622.3 |
| 11/14/2001 | 10086.8 | 2/4/2002  | 9631.9  | 4/18/2002 | 11575.7 | 7/3/2002   | 10812.3 |
| 11/15/2001 | 10489.9 | 2/5/2002  | 9475.6  | 4/19/2002 | 11512   | 7/4/2002   | 10632.8 |
| 11/16/2001 | 10649.1 | 2/6/2002  | 9420.8  | 4/22/2002 | 11721.6 | 7/5/2002   | 10826.1 |
| 11/19/2001 | 10727.9 | 2/7/2002  | 9583.3  | 4/23/2002 | 11736.8 | 7/8/2002   | 10769.2 |
| 11/20/2001 | 10575.6 | 2/8/2002  | 9686.1  | 4/25/2002 | 11648.7 | 7/9/2002   | 10960.3 |
| 11/21/2001 | 10661.1 | 2/12/2002 | 9878    | 4/26/2002 | 11541.4 | 7/10/2002  | 10752.7 |
| 11/22/2001 | 10696.8 | 2/13/2002 | 9968.3  | 4/30/2002 | 11492.5 | 7/11/2002  | 10485.7 |
| 11/26/2001 | 11064.3 | 2/14/2002 | 10081.1 | 5/1/2002  | 11552.8 | 7/12/2002  | 10601.5 |
| 11/27/2001 | 10948.9 | 2/15/2002 | 10048.1 | 5/2/2002  | 11551   | 7/15/2002  | 10375.2 |
| 11/28/2001 | 10624.8 | 2/18/2002 | 10093.3 | 5/7/2002  | 11316   | 7/16/2002  | 10250.4 |
| 11/29/2001 | 10656   | 2/19/2002 | 9847.2  | 5/8/2002  | 11520.8 | 7/17/2002  | 10296   |
| 11/30/2001 | 10697.4 | 2/20/2002 | 9834.1  | 5/9/2002  | 11633.3 | 7/18/2002  | 10498.3 |
| 12/3/2001  | 10370.6 | 2/21/2002 | 10295.4 | 5/10/2002 | 11531.1 | 7/19/2002  | 10202.4 |
| 12/4/2001  | 10452.7 | 2/22/2002 | 10356.8 | 5/13/2002 | 11337   | 7/22/2002  | 10189   |
| 12/5/2001  | 10713.8 | 2/25/2002 | 10296.5 | 5/14/2002 | 11356.2 | 7/23/2002  | 10215.6 |
| 12/6/2001  | 10857.3 | 2/27/2002 | 10573.1 | 5/15/2002 | 11643   | 7/24/2002  | 9947.7  |
| 12/7/2001  | 10796.9 | 2/28/2002 | 10587.8 | 5/16/2002 | 11738.7 | 7/25/2002  | 9929.9  |
| 12/10/2001 | 10571   | 3/1/2002  | 10812   | 5/17/2002 | 11847.3 | 7/26/2002  | 9591    |
| 12/11/2001 | 10473.9 | 3/4/2002  | 11450.2 | 5/20/2002 | 11856.5 | 7/29/2002  | 9666.7  |
| 12/12/2001 | 10801.5 | 3/5/2002  | 11348.5 | 5/21/2002 | 11801.2 | 7/30/2002  | 10003.7 |
| 12/13/2001 | 10433.5 | 3/6/2002  | 11358.5 | 5/22/2002 | 11962   | 7/31/2002  | 9877.9  |
| 12/14/2001 | 10511.7 | 3/7/2002  | 11648.3 | 5/23/2002 | 11979.8 | 8/1/2002   | 9793.5  |
| 12/17/2001 | 10323.3 | 3/8/2002  | 11885.8 | 5/24/2002 | 11976.3 | 8/2/2002   | 9709.7  |
| 12/18/2001 | 10432.2 | 3/11/2002 | 11919.3 | 5/27/2002 | 11976.3 | 8/5/2002   | 9704.9  |
| 12/19/2001 | 10471.9 | 3/12/2002 | 11607.3 | 5/28/2002 | 11936.1 | 8/6/2002   | 9501    |
| 12/20/2001 | 10434.5 | 3/13/2002 | 11415.3 | 5/29/2002 | 11853   | 8/7/2002   | 9834.4  |
| 12/21/2001 | 10335.5 | 3/14/2002 | 11568.8 | 5/30/2002 | 11770   | 8/8/2002   | 9799.6  |
| 12/25/2001 | 10254.8 | 3/15/2002 | 11648   | 5/31/2002 | 11763.7 | 8/9/2002   | 9999.8  |
| 12/26/2001 | 10192.6 | 3/18/2002 | 11498.4 | 6/3/2002  | 11901.4 | 8/12/2002  | 9747.8  |
| 12/27/2001 | 10457.6 | 3/19/2002 | 11792.8 | 6/4/2002  | 11653.1 | 8/13/2002  | 9688.6  |
| 12/28/2001 | 10542.6 | 3/20/2002 | 11526.8 | 6/5/2002  | 11663.9 | 8/14/2002  | 9638.4  |
| 1/4/2002   | 10871.5 | 3/22/2002 | 11345.1 | 6/6/2002  | 11574.9 | 8/15/2002  | 9795.6  |
| 1/7/2002   | 10942.4 | 3/25/2002 | 11261.1 | 6/7/2002  | 11438.5 | 8/16/2002  | 9788.1  |



|            |         |            |         |           |         |           |         |
|------------|---------|------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 1/8/2002   | 10695.6 | 3/26/2002  | 11207.9 | 6/10/2002 | 11370.2 | 8/19/2002 | 9599.1  |
| 1/9/2002   | 10664   | 3/27/2002  | 11323.7 | 6/11/2002 | 11449.4 | 8/20/2002 | 9620.7  |
| 1/10/2002  | 10538.4 | 3/28/2002  | 11333.1 | 6/12/2002 | 11327.1 | 8/21/2002 | 9642.6  |
| 1/11/2002  | 10441.6 | 3/29/2002  | 11024.9 | 6/13/2002 | 11144.8 | 8/22/2002 | 9814    |
| 1/15/2002  | 10208   | 4/1/2002   | 11028.7 | 6/14/2002 | 10920.6 | 8/23/2002 | 9867.5  |
| 1/16/2002  | 10177.6 | 4/2/2002   | 11204.5 | 6/17/2002 | 10664.1 | 8/26/2002 | 10067.7 |
| 1/17/2002  | 10128.2 | 4/3/2002   | 11400.7 | 6/18/2002 | 10839.9 | 8/27/2002 | 9907.3  |
| 8/28/2002  | 9766.7  | 11/12/2002 | 8464.8  | 1/29/2003 | 8331.1  | 4/11/2003 | 7816.5  |
| 8/29/2002  | 9620.1  | 11/13/2002 | 8438.5  | 1/30/2003 | 8316.8  | 4/14/2003 | 7752.1  |
| 8/30/2002  | 9619.3  | 11/14/2002 | 8303.4  | 1/31/2003 | 8339.9  | 4/15/2003 | 7838.8  |
| 9/2/2002   | 9521.6  | 11/15/2002 | 8503.6  | 2/3/2003  | 8500.8  | 4/16/2003 | 7879.5  |
| 9/3/2002   | 9217    | 11/18/2002 | 8346    | 2/4/2003  | 8484.9  | 4/17/2003 | 7821.9  |
| 9/4/2002   | 9075.1  | 11/19/2002 | 8365.3  | 2/5/2003  | 8549.8  | 4/18/2003 | 7874.5  |
| 9/5/2002   | 9222.1  | 11/20/2002 | 8459.6  | 2/6/2003  | 8484.2  | 4/21/2003 | 7969.1  |
| 9/6/2002   | 9129.1  | 11/21/2002 | 8668.1  | 2/7/2003  | 8448.2  | 4/22/2003 | 7790.5  |
| 9/9/2002   | 9306.3  | 11/22/2002 | 8772.6  | 2/10/2003 | 8484.9  | 4/23/2003 | 7793.4  |
| 9/10/2002  | 9309.3  | 11/25/2002 | 8944.4  | 2/12/2003 | 8664.2  | 4/24/2003 | 7854.6  |
| 9/11/2002  | 9400.1  | 11/26/2002 | 8824    | 2/13/2003 | 8599.7  | 4/25/2003 | 7699.5  |
| 9/12/2002  | 9415.2  | 11/27/2002 | 8875.9  | 2/14/2003 | 8701.9  | 4/28/2003 | 7607.9  |
| 9/13/2002  | 9241.9  | 11/28/2002 | 9176.8  | 2/17/2003 | 8771.9  | 4/30/2003 | 7831.4  |
| 9/17/2002  | 9543.9  | 11/29/2002 | 9215.6  | 2/18/2003 | 8693    | 5/1/2003  | 7863.3  |
| 9/18/2002  | 9472.1  | 12/2/2002  | 9174.5  | 2/19/2003 | 8678.4  | 5/2/2003  | 7907.2  |
| 9/19/2002  | 9669.6  | 12/3/2002  | 9205.1  | 2/20/2003 | 8650.9  | 5/6/2003  | 8083.6  |
| 9/20/2002  | 9481.1  | 12/4/2002  | 9006.7  | 2/21/2003 | 8513.5  | 5/7/2003  | 8109.8  |
| 9/24/2002  | 9321.6  | 12/5/2002  | 8917.6  | 2/24/2003 | 8565    | 5/8/2003  | 8031.5  |
| 9/25/2002  | 9165.4  | 12/6/2002  | 8863.3  | 2/25/2003 | 8360.5  | 5/9/2003  | 8152.2  |
| 9/26/2002  | 9320.9  | 12/9/2002  | 8828    | 2/26/2003 | 8356.8  | 5/12/2003 | 8221.1  |
| 9/27/2002  | 9530.4  | 12/10/2002 | 8804.5  | 2/27/2003 | 8359.4  | 5/13/2003 | 8190.3  |
| 9/30/2002  | 9383.3  | 12/11/2002 | 8727.7  | 2/28/2003 | 8363    | 5/14/2003 | 8244.9  |
| 10/1/2002  | 9162.3  | 12/12/2002 | 8708.7  | 3/3/2003  | 8490.4  | 5/15/2003 | 8123.4  |
| 10/2/2002  | 9049.3  | 12/13/2002 | 8516.1  | 3/4/2003  | 8480.2  | 5/16/2003 | 8117.3  |
| 10/3/2002  | 8936.4  | 12/16/2002 | 8450.9  | 3/5/2003  | 8472.6  | 5/19/2003 | 8039.1  |
| 10/4/2002  | 9027.5  | 12/17/2002 | 8510.7  | 3/6/2003  | 8369.2  | 5/20/2003 | 8059.5  |
| 10/7/2002  | 8688    | 12/18/2002 | 8344    | 3/7/2003  | 8144.1  | 5/21/2003 | 8018.5  |
| 10/8/2002  | 8708.9  | 12/19/2002 | 8387.6  | 3/10/2003 | 8042.3  | 5/22/2003 | 8051.7  |
| 10/9/2002  | 8539.3  | 12/20/2002 | 8406.9  | 3/11/2003 | 7862.4  | 5/23/2003 | 8184.8  |
| 10/10/2002 | 8439.6  | 12/24/2002 | 8512.4  | 3/12/2003 | 7943    | 5/26/2003 | 8227.3  |
| 10/11/2002 | 8529.6  | 12/25/2002 | 8501.1  | 3/13/2003 | 7868.6  | 5/27/2003 | 8120.2  |
| 10/15/2002 | 8836.7  | 12/26/2002 | 8700.1  | 3/14/2003 | 8002.7  | 5/28/2003 | 8234.2  |
| 10/16/2002 | 8884.9  | 12/27/2002 | 8714    | 3/17/2003 | 7871.6  | 5/29/2003 | 8375.4  |
| 10/17/2002 | 8959.9  | 12/30/2002 | 8579    | 3/18/2003 | 7954.5  | 5/30/2003 | 8424.5  |
| 10/18/2002 | 9086.1  | 1/6/2003   | 8713.3  | 3/19/2003 | 8051    | 6/2/2003  | 8547.2  |
| 10/21/2002 | 8978.4  | 1/7/2003   | 8656.5  | 3/20/2003 | 8195    | 6/3/2003  | 8564.5  |
| 10/22/2002 | 8689.4  | 1/8/2003   | 8517.8  | 3/24/2003 | 8435.1  | 6/4/2003  | 8557.9  |
| 10/23/2002 | 8714.5  | 1/9/2003   | 8497.9  | 3/25/2003 | 8238.8  | 6/5/2003  | 8657.2  |
| 10/24/2002 | 8614.3  | 1/10/2003  | 8470.5  | 3/26/2003 | 8351.9  | 6/6/2003  | 8785.9  |
| 10/25/2002 | 8726.3  | 1/14/2003  | 8553.1  | 3/27/2003 | 8368.7  | 6/9/2003  | 8822.7  |
| 10/28/2002 | 8757.5  | 1/15/2003  | 8611.8  | 3/28/2003 | 8280.2  | 6/10/2003 | 8789.1  |

|            |        |            |         |            |         |           |         |
|------------|--------|------------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| 10/29/2002 | 8708.8 | 1/16/2003  | 8609.2  | 3/31/2003  | 7972.7  | 6/11/2003 | 8890.3  |
| 10/30/2002 | 8756.6 | 1/17/2003  | 8690.3  | 4/1/2003   | 7986.7  | 6/12/2003 | 8918.6  |
| 10/31/2002 | 8640.5 | 1/20/2003  | 8558.8  | 4/2/2003   | 8069.9  | 6/13/2003 | 8980.6  |
| 11/1/2002  | 8685.7 | 1/21/2003  | 8708.6  | 4/3/2003   | 8017.8  | 6/16/2003 | 8839.8  |
| 11/5/2002  | 8937.6 | 1/22/2003  | 8611    | 4/4/2003   | 8074.1  | 6/17/2003 | 9033    |
| 11/6/2002  | 8953.3 | 1/23/2003  | 8790.9  | 4/7/2003   | 8250    | 6/18/2003 | 9093    |
| 11/7/2002  | 8920.4 | 1/24/2003  | 8731.7  | 4/8/2003   | 8131.4  | 6/19/2003 | 9110.5  |
| 11/8/2002  | 8690.8 | 1/27/2003  | 8609.5  | 4/9/2003   | 8057.6  | 6/20/2003 | 9120.4  |
| 11/11/2002 | 8460.4 | 1/28/2003  | 8525.4  | 4/10/2003  | 7980.1  | 6/23/2003 | 9137.1  |
| 6/24/2003  | 8919.3 | 9/3/2003   | 10715.7 | 11/18/2003 | 9897    | 2/4/2004  | 10447.3 |
| 6/25/2003  | 8932.3 | 9/4/2003   | 10647   | 11/19/2003 | 9614.6  | 2/5/2004  | 10464.6 |
| 6/26/2003  | 8923.4 | 9/5/2003   | 10650.8 | 11/20/2003 | 9865.7  | 2/6/2004  | 10460.9 |
| 6/27/2003  | 9104.1 | 9/8/2003   | 10683.8 | 11/21/2003 | 9852.8  | 2/9/2004  | 10402.6 |
| 6/30/2003  | 9083.1 | 9/9/2003   | 10922   | 11/25/2003 | 9960.2  | 2/10/2004 | 10365.4 |
| 7/1/2003   | 9278.5 | 9/10/2003  | 10856.3 | 11/26/2003 | 10144.8 | 2/12/2004 | 10459.3 |
| 7/2/2003   | 9592.2 | 9/11/2003  | 10546.3 | 11/27/2003 | 10163.4 | 2/13/2004 | 10557.7 |
| 7/3/2003   | 9624.8 | 9/12/2003  | 10712.8 | 11/28/2003 | 10100.6 | 2/16/2004 | 10548.7 |
| 7/4/2003   | 9547.7 | 9/16/2003  | 10887   | 12/1/2003  | 10403.3 | 2/17/2004 | 10701.1 |
| 7/7/2003   | 9795.2 | 9/17/2003  | 10990.1 | 12/2/2003  | 10410.2 | 2/18/2004 | 10676.8 |
| 7/8/2003   | 9898.7 | 9/18/2003  | 11033.3 | 12/3/2003  | 10326.4 | 2/19/2004 | 10753.8 |
| 7/9/2003   | 9991   | 9/19/2003  | 10938.4 | 12/4/2003  | 10430   | 2/20/2004 | 10720.7 |
| 7/10/2003  | 9955.6 | 9/22/2003  | 10475.1 | 12/5/2003  | 10373.5 | 2/23/2004 | 10869   |
| 7/11/2003  | 9635.3 | 9/24/2003  | 10502.3 | 12/8/2003  | 10045.3 | 2/24/2004 | 10644.1 |
| 7/14/2003  | 9755.6 | 9/25/2003  | 10310   | 12/9/2003  | 10124.3 | 2/25/2004 | 10658.7 |
| 7/15/2003  | 9751   | 9/26/2003  | 10318.4 | 12/10/2003 | 9910.6  | 2/26/2004 | 10815.3 |
| 7/16/2003  | 9736   | 9/29/2003  | 10229.6 | 12/11/2003 | 10075.1 | 2/27/2004 | 11041.9 |
| 7/17/2003  | 9498.9 | 9/30/2003  | 10219   | 12/12/2003 | 10169.7 | 3/1/2004  | 11271.1 |
| 7/18/2003  | 9527.7 | 10/1/2003  | 10361.2 | 12/15/2003 | 10490.8 | 3/2/2004  | 11361.5 |
| 7/22/2003  | 9486   | 10/2/2003  | 10593.5 | 12/16/2003 | 10271.6 | 3/3/2004  | 11351.9 |
| 7/23/2003  | 9615.3 | 10/3/2003  | 10709.3 | 12/17/2003 | 10092.6 | 3/4/2004  | 11401.8 |
| 7/24/2003  | 9671   | 10/6/2003  | 10740.1 | 12/18/2003 | 10104   | 3/5/2004  | 11537.3 |
| 7/25/2003  | 9648   | 10/7/2003  | 10820.3 | 12/19/2003 | 10284.5 | 3/8/2004  | 11502.9 |
| 7/28/2003  | 9839.9 | 10/8/2003  | 10542.2 | 12/22/2003 | 10372.5 | 3/9/2004  | 11532   |
| 7/29/2003  | 9834.3 | 10/9/2003  | 10531.4 | 12/24/2003 | 10371.3 | 3/10/2004 | 11433.2 |
| 7/30/2003  | 9632.7 | 10/10/2003 | 10786   | 12/25/2003 | 10365.3 | 3/11/2004 | 11297   |
| 7/31/2003  | 9563.2 | 10/14/2003 | 10966.4 | 12/26/2003 | 10417.4 | 3/12/2004 | 11162.8 |
| 8/1/2003   | 9611.7 | 10/15/2003 | 10900   | 12/29/2003 | 10500.6 | 3/15/2004 | 11317.9 |
| 8/4/2003   | 9452.8 | 10/16/2003 | 11025.2 | 12/30/2003 | 10676.6 | 3/16/2004 | 11242.3 |
| 8/5/2003   | 9382.6 | 10/17/2003 | 11037.9 | 1/5/2004   | 10825.2 | 3/17/2004 | 11436.9 |
| 8/6/2003   | 9323.9 | 10/20/2003 | 11161.7 | 1/6/2004   | 10814   | 3/18/2004 | 11484.3 |
| 8/7/2003   | 9265.6 | 10/21/2003 | 11031.5 | 1/7/2004   | 10757.8 | 3/19/2004 | 11418.5 |
| 8/8/2003   | 9327.5 | 10/22/2003 | 10889.6 | 1/8/2004   | 10837.7 | 3/22/2004 | 11318.5 |
| 8/11/2003  | 9487.8 | 10/23/2003 | 10335.2 | 1/9/2004   | 10965   | 3/23/2004 | 11281.1 |
| 8/12/2003  | 9564.8 | 10/24/2003 | 10335.7 | 1/13/2004  | 10849.7 | 3/24/2004 | 11365   |
| 8/13/2003  | 9752.8 | 10/27/2003 | 10454.1 | 1/14/2004  | 10863   | 3/25/2004 | 11530.9 |
| 8/14/2003  | 9913.5 | 10/28/2003 | 10561   | 1/15/2004  | 10665.2 | 3/26/2004 | 11770.7 |
| 8/15/2003  | 9863.5 | 10/29/2003 | 10739.2 | 1/16/2004  | 10857.2 | 3/29/2004 | 11718.2 |
| 8/18/2003  | 10033  | 10/30/2003 | 10695.6 | 1/19/2004  | 11036.3 | 3/30/2004 | 11693.7 |

|           |         |            |         |            |         |            |         |
|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 8/19/2003 | 10174.1 | 10/31/2003 | 10559.6 | 1/20/2004  | 11103.1 | 3/31/2004  | 11715.4 |
| 8/20/2003 | 10292.1 | 11/4/2003  | 10848   | 1/21/2004  | 11002.4 | 4/1/2004   | 11683.4 |
| 8/21/2003 | 10362.7 | 11/5/2003  | 10837.5 | 1/22/2004  | 11000.7 | 4/2/2004   | 11816   |
| 8/22/2003 | 10281.2 | 11/6/2003  | 10552.3 | 1/23/2004  | 11069   | 4/5/2004   | 11958.3 |
| 8/25/2003 | 10276.6 | 11/7/2003  | 10629   | 1/26/2004  | 10972.6 | 4/6/2004   | 12079.7 |
| 8/26/2003 | 10332.6 | 11/10/2003 | 10504.5 | 1/27/2004  | 10928   | 4/7/2004   | 12019.6 |
| 8/27/2003 | 10309   | 11/11/2003 | 10207   | 1/28/2004  | 10852.5 | 4/8/2004   | 12092.6 |
| 8/28/2003 | 10225.2 | 11/12/2003 | 10226.2 | 1/29/2004  | 10779.4 | 4/9/2004   | 11897.5 |
| 8/29/2003 | 10343.5 | 11/13/2003 | 10337.7 | 1/30/2004  | 10783.6 | 4/12/2004  | 12042.7 |
| 9/1/2003  | 10670.2 | 11/14/2003 | 10167.1 | 2/2/2004   | 10776.7 | 4/13/2004  | 12127.8 |
| 9/2/2003  | 10690.1 | 11/17/2003 | 9786.8  | 2/3/2004   | 10641.9 | 4/14/2004  | 12098.2 |
| 4/15/2004 | 11800.4 | 6/30/2004  | 11858.9 | 9/9/2004   | 11171   | 11/25/2004 | 10900.3 |
| 4/16/2004 | 11824.6 | 7/1/2004   | 11896   | 9/10/2004  | 11083.2 | 11/26/2004 | 10833.8 |
| 4/19/2004 | 11764.2 | 7/2/2004   | 11721.5 | 9/13/2004  | 11253.1 | 11/29/2004 | 10977.9 |
| 4/20/2004 | 11952.3 | 7/5/2004   | 11541.7 | 9/14/2004  | 11295.6 | 11/30/2004 | 10899.3 |
| 4/21/2004 | 11944.3 | 7/6/2004   | 11475.3 | 9/15/2004  | 11158.6 | 12/1/2004  | 10784.3 |
| 4/22/2004 | 11980.1 | 7/7/2004   | 11384.9 | 9/16/2004  | 11139.4 | 12/2/2004  | 10973.1 |
| 4/23/2004 | 12120.7 | 7/8/2004   | 11322.2 | 9/17/2004  | 11082.5 | 12/3/2004  | 11074.9 |
| 4/26/2004 | 12163.9 | 7/9/2004   | 11423.5 | 9/21/2004  | 11080.9 | 12/6/2004  | 10982   |
| 4/27/2004 | 12044.9 | 7/12/2004  | 11582.3 | 9/22/2004  | 11019.4 | 12/7/2004  | 10873.6 |
| 4/28/2004 | 12004.3 | 7/13/2004  | 11608.6 | 9/24/2004  | 10895.2 | 12/8/2004  | 10941.4 |
| 4/30/2004 | 11761.8 | 7/14/2004  | 11356.7 | 9/27/2004  | 10859.3 | 12/9/2004  | 10776.6 |
| 5/6/2004  | 11571.3 | 7/15/2004  | 11409.1 | 9/28/2004  | 10815.6 | 12/10/2004 | 10756.8 |
| 5/7/2004  | 11438.8 | 7/16/2004  | 11436   | 9/29/2004  | 10786.1 | 12/13/2004 | 10789.3 |
| 5/10/2004 | 10884.7 | 7/20/2004  | 11258.4 | 9/30/2004  | 10823.6 | 12/14/2004 | 10915.6 |
| 5/11/2004 | 10907.2 | 7/21/2004  | 11433.9 | 10/1/2004  | 10985.2 | 12/15/2004 | 10956.5 |
| 5/12/2004 | 11153.6 | 7/22/2004  | 11285   | 10/4/2004  | 11279.6 | 12/16/2004 | 10924.4 |
| 5/13/2004 | 10825.1 | 7/23/2004  | 11187.3 | 10/5/2004  | 11281.8 | 12/17/2004 | 11078.3 |
| 5/14/2004 | 10849.6 | 7/26/2004  | 11159.5 | 10/6/2004  | 11385.4 | 12/20/2004 | 11103.4 |
| 5/17/2004 | 10505   | 7/27/2004  | 11031.5 | 10/7/2004  | 11354.6 | 12/21/2004 | 11125.9 |
| 5/18/2004 | 10711.1 | 7/28/2004  | 11204.4 | 10/8/2004  | 11349.3 | 12/22/2004 | 11209.4 |
| 5/19/2004 | 10967.7 | 7/29/2004  | 11116.8 | 10/12/2004 | 11201.8 | 12/24/2004 | 11365.5 |
| 5/20/2004 | 10862   | 7/30/2004  | 11325.8 | 10/13/2004 | 11196   | 12/27/2004 | 11362.3 |
| 5/21/2004 | 11070.3 | 8/2/2004   | 11222.2 | 10/14/2004 | 11034.3 | 12/28/2004 | 11424.1 |
| 5/24/2004 | 11101.6 | 8/3/2004   | 11140.6 | 10/15/2004 | 10983   | 12/29/2004 | 11381.6 |
| 5/25/2004 | 10962.9 | 8/4/2004   | 11010   | 10/18/2004 | 10965.6 | 12/30/2004 | 11488.8 |
| 5/26/2004 | 11152.1 | 8/5/2004   | 11060.9 | 10/19/2004 | 11064.9 | 1/4/2005   | 11517.8 |
| 5/27/2004 | 11166   | 8/6/2004   | 10972.6 | 10/20/2004 | 10882.2 | 1/5/2005   | 11437.5 |
| 5/28/2004 | 11309.6 | 8/9/2004   | 10908.7 | 10/21/2004 | 10789.2 | 1/6/2005   | 11492.3 |
| 5/31/2004 | 11236.4 | 8/10/2004  | 10953.5 | 10/22/2004 | 10857.1 | 1/7/2005   | 11433.2 |
| 6/1/2004  | 11296.8 | 8/11/2004  | 11049.5 | 10/25/2004 | 10659.2 | 1/11/2005  | 11540   |
| 6/2/2004  | 11242.3 | 8/12/2004  | 11028.1 | 10/26/2004 | 10672.5 | 1/12/2005  | 11453.4 |
| 6/3/2004  | 11027   | 8/13/2004  | 10757.2 | 10/27/2004 | 10692   | 1/13/2005  | 11358.2 |
| 6/4/2004  | 11128   | 8/16/2004  | 10687.8 | 10/28/2004 | 10853.1 | 1/14/2005  | 11438.4 |
| 6/7/2004  | 11439.9 | 8/17/2004  | 10726   | 10/29/2004 | 10771.4 | 1/17/2005  | 11487.1 |
| 6/8/2004  | 11521.9 | 8/18/2004  | 10774.3 | 11/1/2004  | 10734.7 | 1/18/2005  | 11423.3 |
| 6/9/2004  | 11449.7 | 8/19/2004  | 10903.5 | 11/2/2004  | 10887.8 | 1/19/2005  | 11405.3 |
| 6/10/2004 | 11576   | 8/20/2004  | 10889.1 | 11/4/2004  | 10946.3 | 1/20/2005  | 11284.8 |

|           |         |           |         |            |         |            |         |
|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 6/11/2004 | 11526.8 | 8/23/2004 | 10961   | 11/5/2004  | 11061.8 | 1/21/2005  | 11238.4 |
| 6/14/2004 | 11491.7 | 8/24/2004 | 10985.3 | 11/8/2004  | 10983.8 | 1/24/2005  | 11289.5 |
| 6/15/2004 | 11387.7 | 8/25/2004 | 11130   | 11/9/2004  | 10964.9 | 1/25/2005  | 11276.9 |
| 6/16/2004 | 11641.7 | 8/26/2004 | 11129.3 | 11/10/2004 | 10995   | 1/26/2005  | 11376.6 |
| 6/17/2004 | 11607.9 | 8/27/2004 | 11209.6 | 11/11/2004 | 10846.9 | 1/27/2005  | 11341.3 |
| 6/18/2004 | 11382.1 | 8/30/2004 | 11184.5 | 11/12/2004 | 11020   | 1/28/2005  | 11320.6 |
| 6/21/2004 | 11600.2 | 8/31/2004 | 11081.8 | 11/15/2004 | 11227.6 | 1/31/2005  | 11387.6 |
| 6/22/2004 | 11581.3 | 9/1/2004  | 11127.3 | 11/16/2004 | 11161.8 | 2/1/2005   | 11384.4 |
| 6/23/2004 | 11580.6 | 9/2/2004  | 11152.8 | 11/17/2004 | 11131.3 | 2/2/2005   | 11407.1 |
| 6/24/2004 | 11744.2 | 9/3/2004  | 11022.5 | 11/18/2004 | 11082.4 | 2/3/2005   | 11389.3 |
| 6/25/2004 | 11780.4 | 9/6/2004  | 11244.4 | 11/19/2004 | 11082.8 | 2/4/2005   | 11360.4 |
| 6/28/2004 | 11884.1 | 9/7/2004  | 11298.9 | 11/22/2004 | 10849.4 | 2/7/2005   | 11499.9 |
| 6/29/2004 | 11860.8 | 9/8/2004  | 11279.2 | 11/24/2004 | 10872.3 | 2/8/2005   | 11490.4 |
| 2/9/2005  | 11473.3 | 4/22/2005 | 11046   | 7/7/2005   | 11590.1 | 9/16/2005  | 12958.7 |
| 2/10/2005 | 11553.6 | 4/25/2005 | 11073.8 | 7/8/2005   | 11566   | 9/20/2005  | 13148.6 |
| 2/14/2005 | 11632.2 | 4/26/2005 | 11035.8 | 7/11/2005  | 11674.8 | 9/21/2005  | 13196.6 |
| 2/15/2005 | 11646.5 | 4/27/2005 | 11005.4 | 7/12/2005  | 11692.1 | 9/22/2005  | 13159.4 |
| 2/16/2005 | 11601.7 | 4/28/2005 | 11008.9 | 7/13/2005  | 11659.8 | 9/26/2005  | 13392.6 |
| 2/17/2005 | 11582.7 | 5/2/2005  | 11002.1 | 7/14/2005  | 11764.3 | 9/27/2005  | 13310   |
| 2/18/2005 | 11660.1 | 5/6/2005  | 11192.2 | 7/15/2005  | 11758.7 | 9/28/2005  | 13435.9 |
| 2/21/2005 | 11651   | 5/9/2005  | 11171.3 | 7/19/2005  | 11764.8 | 9/29/2005  | 13617.2 |
| 2/22/2005 | 11597.7 | 5/10/2005 | 11159.5 | 7/20/2005  | 11789.3 | 9/30/2005  | 13574.3 |
| 2/23/2005 | 11500.2 | 5/11/2005 | 11120.7 | 7/21/2005  | 11786.7 | 10/3/2005  | 13525.3 |
| 2/24/2005 | 11531.2 | 5/12/2005 | 11077.9 | 7/22/2005  | 11695   | 10/4/2005  | 13738.8 |
| 2/25/2005 | 11658.3 | 5/13/2005 | 11049.1 | 7/25/2005  | 11762.7 | 10/5/2005  | 13689.9 |
| 2/28/2005 | 11740.6 | 5/16/2005 | 10947.2 | 7/26/2005  | 11738   | 10/6/2005  | 13359.5 |
| 3/1/2005  | 11780.5 | 5/17/2005 | 10825.4 | 7/27/2005  | 11835.1 | 10/7/2005  | 13227.7 |
| 3/2/2005  | 11813.7 | 5/18/2005 | 10835.4 | 7/28/2005  | 11858.3 | 10/11/2005 | 13556.7 |
| 3/3/2005  | 11856.5 | 5/19/2005 | 11077.2 | 7/29/2005  | 11899.6 | 10/12/2005 | 13463.7 |
| 3/4/2005  | 11873   | 5/20/2005 | 11037.3 | 8/1/2005   | 11946.9 | 10/13/2005 | 13449.2 |
| 3/7/2005  | 11925.4 | 5/23/2005 | 11158.7 | 8/2/2005   | 11940.2 | 10/14/2005 | 13420.5 |
| 3/8/2005  | 11886.9 | 5/24/2005 | 11133.7 | 8/3/2005   | 11981.8 | 10/17/2005 | 13400.3 |
| 3/9/2005  | 11966.7 | 5/25/2005 | 11014.4 | 8/4/2005   | 11883.3 | 10/18/2005 | 13352.2 |
| 3/10/2005 | 11864.9 | 5/26/2005 | 11027.9 | 8/5/2005   | 11766.5 | 10/19/2005 | 13129.5 |
| 3/11/2005 | 11923.9 | 5/27/2005 | 11192.3 | 8/8/2005   | 11779   | 10/20/2005 | 13190.5 |
| 3/14/2005 | 11850.3 | 5/30/2005 | 11266.3 | 8/9/2005   | 11900.3 | 10/21/2005 | 13200   |
| 3/15/2005 | 11821.1 | 5/31/2005 | 11276.6 | 8/10/2005  | 12098.1 | 10/24/2005 | 13106.2 |
| 3/16/2005 | 11873.2 | 6/1/2005  | 11329.7 | 8/11/2005  | 12263.3 | 10/25/2005 | 13280.6 |
| 3/17/2005 | 11775.5 | 6/2/2005  | 11280   | 8/12/2005  | 12261.7 | 10/26/2005 | 13395   |
| 3/18/2005 | 11879.8 | 6/3/2005  | 11300   | 8/15/2005  | 12256.5 | 10/27/2005 | 13417.1 |
| 3/22/2005 | 11842   | 6/6/2005  | 11270.6 | 8/16/2005  | 12315.7 | 10/28/2005 | 13346.5 |
| 3/23/2005 | 11739.1 | 6/7/2005  | 11217.5 | 8/17/2005  | 12273.1 | 10/31/2005 | 13606.5 |
| 3/24/2005 | 11746   | 6/8/2005  | 11281   | 8/18/2005  | 12307.4 | 11/1/2005  | 13867.9 |
| 3/25/2005 | 11761.1 | 6/9/2005  | 11160.9 | 8/19/2005  | 12291.7 | 11/2/2005  | 13894.8 |
| 3/28/2005 | 11792.3 | 6/10/2005 | 11304.2 | 8/22/2005  | 12452.5 | 11/4/2005  | 14076   |
| 3/29/2005 | 11599.8 | 6/13/2005 | 11311.5 | 8/23/2005  | 12472.9 | 11/7/2005  | 14061.6 |
| 3/30/2005 | 11565.9 | 6/14/2005 | 11335.9 | 8/24/2005  | 12502.3 | 11/8/2005  | 14036.7 |
| 3/31/2005 | 11669   | 6/15/2005 | 11415.9 | 8/25/2005  | 12405.2 | 11/9/2005  | 14072.2 |

|            |         |           |         |           |         |            |         |
|------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------|
| 4/1/2005   | 11723.6 | 6/16/2005 | 11416.4 | 8/26/2005 | 12439.5 | 11/10/2005 | 14080.9 |
| 4/4/2005   | 11667.5 | 6/17/2005 | 11514   | 8/29/2005 | 12309.8 | 11/11/2005 | 14155.1 |
| 4/5/2005   | 11774.3 | 6/20/2005 | 11483.3 | 8/30/2005 | 12453.1 | 11/14/2005 | 14116   |
| 4/6/2005   | 11827.2 | 6/21/2005 | 11488.7 | 8/31/2005 | 12413.6 | 11/15/2005 | 14091.8 |
| 4/7/2005   | 11811   | 6/22/2005 | 11547.3 | 9/1/2005  | 12507   | 11/16/2005 | 14170.9 |
| 4/8/2005   | 11874.8 | 6/23/2005 | 11576.8 | 9/2/2005  | 12600   | 11/17/2005 | 14411.8 |
| 4/11/2005  | 11745.6 | 6/24/2005 | 11537   | 9/5/2005  | 12634.9 | 11/18/2005 | 14623.1 |
| 4/12/2005  | 11670.3 | 6/27/2005 | 11414.3 | 9/6/2005  | 12599.4 | 11/21/2005 | 14680.4 |
| 4/13/2005  | 11637.5 | 6/28/2005 | 11513.8 | 9/7/2005  | 12607.6 | 11/22/2005 | 14708.3 |
| 4/14/2005  | 11563.2 | 6/29/2005 | 11577.4 | 9/8/2005  | 12533.9 | 11/24/2005 | 14742.6 |
| 4/15/2005  | 11370.7 | 6/30/2005 | 11584   | 9/9/2005  | 12692   | 11/25/2005 | 14784.3 |
| 4/18/2005  | 10938.4 | 7/1/2005  | 11630.1 | 9/12/2005 | 12896.4 | 11/28/2005 | 14986.9 |
| 4/19/2005  | 11065.9 | 7/4/2005  | 11651.5 | 9/13/2005 | 12902   | 11/29/2005 | 14927.7 |
| 4/20/2005  | 11088.6 | 7/5/2005  | 11616.7 | 9/14/2005 | 12834.3 | 11/30/2005 | 14872.2 |
| 4/21/2005  | 10984.4 | 7/6/2005  | 11603.5 | 9/15/2005 | 12986.8 | 12/1/2005  | 15130.5 |
| 12/2/2005  | 15421.6 | 2/16/2006 | 16043.7 | 4/28/2006 | 16906.2 | 7/12/2006  | 15249.3 |
| 12/5/2005  | 15551.3 | 2/17/2006 | 15713.5 | 5/1/2006  | 16925.7 | 7/13/2006  | 15098   |
| 12/6/2005  | 15423.4 | 2/20/2006 | 15437.9 | 5/2/2006  | 17153.8 | 7/14/2006  | 14845.2 |
| 12/7/2005  | 15484.7 | 2/21/2006 | 15894.9 | 5/8/2006  | 17291.7 | 7/18/2006  | 14437.2 |
| 12/8/2005  | 15183.4 | 2/22/2006 | 15781.8 | 5/9/2006  | 17190.9 | 7/19/2006  | 14500.3 |
| 12/9/2005  | 15404   | 2/23/2006 | 16096.1 | 5/10/2006 | 16951.9 | 7/20/2006  | 14946.8 |
| 12/12/2005 | 15738.7 | 2/24/2006 | 16101.9 | 5/11/2006 | 16862.1 | 7/21/2006  | 14821.3 |
| 12/13/2005 | 15778.9 | 2/27/2006 | 16193   | 5/12/2006 | 16601.8 | 7/24/2006  | 14794.5 |
| 12/14/2005 | 15464.6 | 2/28/2006 | 16205.4 | 5/15/2006 | 16486.9 | 7/25/2006  | 15005.2 |
| 12/15/2005 | 15254.4 | 3/1/2006  | 15964.5 | 5/16/2006 | 16158.4 | 7/26/2006  | 14884.1 |
| 12/16/2005 | 15173.1 | 3/2/2006  | 15909.8 | 5/17/2006 | 16307.7 | 7/27/2006  | 15179.8 |
| 12/19/2005 | 15391.5 | 3/3/2006  | 15663.3 | 5/18/2006 | 16087.2 | 7/28/2006  | 15342.9 |
| 12/20/2005 | 15641.3 | 3/6/2006  | 15901.2 | 5/19/2006 | 16155.5 | 7/31/2006  | 15456.8 |
| 12/21/2005 | 15957.6 | 3/7/2006  | 15726   | 5/22/2006 | 15857.9 | 8/1/2006   | 15440.9 |
| 12/22/2005 | 15941.4 | 3/8/2006  | 15627.5 | 5/23/2006 | 15599.2 | 8/2/2006   | 15464.3 |
| 12/26/2005 | 16107.7 | 3/9/2006  | 16036.9 | 5/24/2006 | 15907.2 | 8/3/2006   | 15470.4 |
| 12/27/2005 | 15969.4 | 3/10/2006 | 16115.6 | 5/25/2006 | 15693.8 | 8/4/2006   | 15499.2 |
| 12/28/2005 | 16194.6 | 3/13/2006 | 16361.5 | 5/26/2006 | 15970.8 | 8/7/2006   | 15154.1 |
| 12/29/2005 | 16344.2 | 3/14/2006 | 16238.4 | 5/29/2006 | 15915.7 | 8/8/2006   | 15464.7 |
| 12/30/2005 | 16111.4 | 3/15/2006 | 16319   | 5/30/2006 | 15859.5 | 8/9/2006   | 15656.6 |
| 1/4/2006   | 16361.5 | 3/16/2006 | 16096.2 | 5/31/2006 | 15467.3 | 8/10/2006  | 15630.9 |
| 1/5/2006   | 16425.4 | 3/17/2006 | 16339.7 | 6/1/2006  | 15503.7 | 8/11/2006  | 15565   |
| 1/6/2006   | 16428.2 | 3/20/2006 | 16624.8 | 6/2/2006  | 15789.3 | 8/14/2006  | 15857.1 |
| 1/10/2006  | 16124.3 | 3/22/2006 | 16495.5 | 6/5/2006  | 15668.3 | 8/15/2006  | 15816.2 |
| 1/11/2006  | 16363.6 | 3/23/2006 | 16489.4 | 6/6/2006  | 15384.9 | 8/16/2006  | 16071.4 |
| 1/12/2006  | 16445.2 | 3/24/2006 | 16560.9 | 6/7/2006  | 15096   | 8/17/2006  | 16020.8 |
| 1/13/2006  | 16454.9 | 3/27/2006 | 16650.1 | 6/8/2006  | 14633   | 8/18/2006  | 16106   |
| 1/16/2006  | 16268   | 3/28/2006 | 16690.2 | 6/9/2006  | 14750.8 | 8/21/2006  | 15969   |
| 1/17/2006  | 15806   | 3/29/2006 | 16938.4 | 6/12/2006 | 14833   | 8/22/2006  | 16181.2 |
| 1/18/2006  | 15341.2 | 3/30/2006 | 17045.3 | 6/13/2006 | 14218.6 | 8/23/2006  | 16163   |
| 1/19/2006  | 15696.3 | 3/31/2006 | 17059.7 | 6/14/2006 | 14309.6 | 8/24/2006  | 15960.6 |
| 1/20/2006  | 15696.7 | 4/3/2006  | 17333.3 | 6/15/2006 | 14470.8 | 8/25/2006  | 15938.7 |
| 1/23/2006  | 15360.7 | 4/4/2006  | 17292.9 | 6/16/2006 | 14879.3 | 8/28/2006  | 15762.6 |

|           |         |           |         |           |         |           |         |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 1/24/2006 | 15648.9 | 4/5/2006  | 17244   | 6/19/2006 | 14860.3 | 8/29/2006 | 15890.6 |
| 1/25/2006 | 15651   | 4/6/2006  | 17489.3 | 6/20/2006 | 14648.4 | 8/30/2006 | 15872   |
| 1/26/2006 | 15891   | 4/7/2006  | 17563.4 | 6/21/2006 | 14644.3 | 8/31/2006 | 16140.8 |
| 1/27/2006 | 16460.7 | 4/10/2006 | 17456.6 | 6/22/2006 | 15135.7 | 9/1/2006  | 16134.3 |
| 1/30/2006 | 16551.2 | 4/11/2006 | 17418.1 | 6/23/2006 | 15124   | 9/4/2006  | 16358.1 |
| 1/31/2006 | 16649.8 | 4/12/2006 | 17162.6 | 6/26/2006 | 15152.4 | 9/5/2006  | 16386   |
| 2/1/2006  | 16480.1 | 4/13/2006 | 17199.2 | 6/27/2006 | 15171.8 | 9/6/2006  | 16284.1 |
| 2/2/2006  | 16710.6 | 4/14/2006 | 17233.8 | 6/28/2006 | 14886.1 | 9/7/2006  | 16012.4 |
| 2/3/2006  | 16659.6 | 4/17/2006 | 17000.4 | 6/29/2006 | 15121.2 | 9/8/2006  | 16080.5 |
| 2/6/2006  | 16747.8 | 4/18/2006 | 17232.9 | 6/30/2006 | 15505.2 | 9/11/2006 | 15794.4 |
| 2/7/2006  | 16721   | 4/19/2006 | 17350.1 | 7/3/2006  | 15571.6 | 9/12/2006 | 15719.3 |
| 2/8/2006  | 16272.7 | 4/20/2006 | 17317.5 | 7/4/2006  | 15638.5 | 9/13/2006 | 15750   |
| 2/9/2006  | 16439.7 | 4/21/2006 | 17404   | 7/5/2006  | 15523.9 | 9/14/2006 | 15942.4 |
| 2/10/2006 | 16257.8 | 4/24/2006 | 16914.4 | 7/6/2006  | 15321.4 | 9/15/2006 | 15866.9 |
| 2/13/2006 | 15877.7 | 4/25/2006 | 16970.3 | 7/7/2006  | 15307.6 | 9/19/2006 | 15874.3 |
| 2/14/2006 | 16184.9 | 4/26/2006 | 17055.9 | 7/10/2006 | 15552.8 | 9/20/2006 | 15718.7 |
| 2/15/2006 | 15932.8 | 4/27/2006 | 17114.5 | 7/11/2006 | 15473.8 | 9/21/2006 | 15834.2 |

|            |         |            |         |           |         |
|------------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| 9/22/2006  | 15634.7 | 11/16/2006 | 16163.9 | 1/15/2007 | 17209.9 |
| 9/25/2006  | 15633.8 | 11/17/2006 | 16091.7 | 1/16/2007 | 17202.5 |
| 9/26/2006  | 15557.5 | 11/20/2006 | 15725.9 | 1/17/2007 | 17261.3 |
| 9/27/2006  | 15947.9 | 11/21/2006 | 15734.1 | 1/18/2007 | 17370.9 |
| 9/28/2006  | 16024.8 | 11/22/2006 | 15914.2 | 1/19/2007 | 17310.4 |
| 9/29/2006  | 16127.6 | 11/24/2006 | 15734.6 | 1/22/2007 | 17424.2 |
| 10/2/2006  | 16254.3 | 11/27/2006 | 15885.4 | 1/23/2007 | 17408.6 |
| 10/3/2006  | 16242.1 | 11/28/2006 | 15855.3 | 1/24/2007 | 17507.4 |
| 10/4/2006  | 16082.5 | 11/29/2006 | 16076.2 | 1/25/2007 | 17458.3 |
| 10/5/2006  | 16449.3 | 11/30/2006 | 16274.3 | 1/26/2007 | 17421.9 |
| 10/6/2006  | 16436.1 | 12/1/2006  | 16321.8 | 1/29/2007 | 17470.5 |
| 10/10/2006 | 16477.3 | 12/4/2006  | 16303.6 | 1/30/2007 | 17490.2 |
| 10/11/2006 | 16400.6 | 12/5/2006  | 16265.8 | 1/31/2007 | 17383.4 |
| 10/12/2006 | 16368.8 | 12/6/2006  | 16371.3 |           |         |
| 10/13/2006 | 16536.5 | 12/7/2006  | 16473.4 |           |         |
| 10/16/2006 | 16692.8 | 12/8/2006  | 16417.8 |           |         |
| 10/17/2006 | 16611.6 | 12/11/2006 | 16528   |           |         |
| 10/18/2006 | 16653   | 12/12/2006 | 16637.8 |           |         |
| 10/19/2006 | 16551.4 | 12/13/2006 | 16692.9 |           |         |
| 10/20/2006 | 16651.6 | 12/14/2006 | 16829.2 |           |         |
| 10/23/2006 | 16788.8 | 12/15/2006 | 16914.3 |           |         |
| 10/24/2006 | 16780.5 | 12/18/2006 | 16962.1 |           |         |
| 10/25/2006 | 16699.3 | 12/19/2006 | 16776.9 |           |         |
| 10/26/2006 | 16811.6 | 12/20/2006 | 17011   |           |         |
| 10/27/2006 | 16669.1 | 12/21/2006 | 17047.8 |           |         |
| 10/30/2006 | 16351.8 | 12/22/2006 | 17105   |           |         |

|            |         |            |         |
|------------|---------|------------|---------|
| 10/31/2006 | 16399.4 | 12/25/2006 | 17092.9 |
| 11/1/2006  | 16375.3 | 12/26/2006 | 17169.2 |
| 11/2/2006  | 16350   | 12/27/2006 | 17223.2 |
| 11/6/2006  | 16364.8 | 12/28/2006 | 17224.8 |
| 11/7/2006  | 16393.4 | 12/29/2006 | 17225.8 |
| 11/8/2006  | 16215.7 | 1/4/2007   | 17353.7 |
| 11/9/2006  | 16198.6 | 1/5/2007   | 17091.6 |
| 11/10/2006 | 16112.4 | 1/9/2007   | 17237.8 |
| 11/13/2006 | 16022.5 | 1/10/2007  | 16942.4 |
| 11/14/2006 | 16289.5 | 1/11/2007  | 16838.2 |
| 11/15/2006 | 16243.5 | 1/12/2007  | 17057   |

## Lampiran 2 Listing program model MAR

```
% Bersihkan layar
clear
% Menentukan data time series
DT{1,1}=[176.12 ; -257.101 ; -177.858 ; ... .. ; -48.53 ; 19.73 ; -106.77];
% Hitung panjang data
nd=length(DT{1,1});
% Menentukan banyaknya komponen
md=3;
% Menentukan orde AR setiap komponen
o(1)=2;
o(2)=2;
o(3)=2;
% Menentukan komponen mana yang mempunyai dan yang tidak mempunyaikonstanta
konst(1)=1;
konst(2)=1;
konst(3)=1;
% Menentukan nilai awal proporsi atau peluang
p(1)=0.5;
p(2)=0.25;
p(3)=0.25;
% Menentukan nilai awal variansi
v(1)=4000;
v(2)=4000;
v(3)=2000;
% Menentukan nilai awal koefisien autoregressive setiap komponen
QI(1,1)=0.5;
QI(2,1)=0.4;
QI(3,1)=-0.4;

QI(1,2)=0.5;
QI(2,2)=0.5;
QI(3,2)=-0.3;

QI(1,3)=0.5;
QI(2,3)=0.3;
QI(3,3)=-0.3

% Menghitung data taksiran dan error
for k = 1:md
    b=o(k);
    for t = b+1:nd
        if konst(k)==1
            xb(t)=QI(1,k);
        else
            xb(t)=0;
        end
        for j=1:b
            if konst(k)==1
                xb(t)=xb(t)+QI(j+1,k)*DT{1,1}(t-j,1);
            else
                xb(t)=xb(t)+QI(j,k)*DT{1,1}(t-j,1);
            end
        end
    end
end
```



```

        end
    end
    E{1,k}(t,1)=DT{1,1}(t,1)-xb(t) ;
    if t==2*b
        for r = 1:b
            if konst(k)==1
                xb2(b+1-r)=QI(1,k);
            else
                xb2(b+1-r)=0;
            end
            for s=1:b
                if konst(k)==1
                    xb2(b+1-r)=xb2(b+1-r)+QI(s+1,k)*xb(b+1-r+s);
                else
                    xb2(b+1-r)=xb2(b+1-r)+QI(s,k)*xb(b+1-r+s);
                end
            end
            E{1,k}(b+1-r,1)=DT{1,1}(b+1-r,1)-xb2(b+1-r);
        end
    end
end

% Nilai Iterasi
it=1;
% Menyimpan nilai koefisien dan variansi pada variabel yang akan
digunakan dalam perhitungan konvergensi sebagai nilai yang lama.
for i = 1:md
    b=o(i);
    for j=1:b+konst(i)
        konQ(j,i)=QI(j,i);
    end
    konvar(i)=v(i);
end

% Memberikan nilai awal pada syarat konvergensi
konvergen1(it)=10;
konvergen2(it)=10;
% Melaksanakan algoritma EM
while or(konvergen1(it) > 0.1e-015, konvergen2(it)>0.1e-015)
% Menghitung ekspektasi bersyarat
    for t = 1:nd
        jum=0;
        for l=1:md
            DE=E{1,1}(t,1);
            jum=jum+p(l)*(1/v(l)^0.5)*exp(-DE^2/(2*v(l)));
        end
        for j=1:md
            DZ=E{1,j}(t,1);
            Z{1,j}(t,1)=p(j)*(1/v(j)^0.5)*(exp(-DZ^2/(2*v(j))))/jum;
        end
    end

% Menghitung proporsi atau peluang
    for k=1:md
        b=o(k);
        jz(k)=0;
        for t=(b+1):nd

```

```

        jz(k)=jz(k)+Z{1,k}(t,1);
    end
    p(k)=jz(k)/(nd-b);
end
% Membuat matriks A
for i = 1:md
    b=o(i);
    if konst(i)==1
        for m=1:(b+1)
            for n = 1:(b+1)
                AI{1,i}(m,n)=0;
                for t = (b+1):nd
                    if m ==1
                        c = 1;
                    else
                        c = DT{1,1}(t-(m-1),1);
                    end
                    if n == 1
                        f = 1;
                    else
                        f=DT{1,1}(t-(n-1),1);
                    end
                    AI{1,i}(m,n)=AI{1,i}(m,n)+Z{1,i}(t,1)*c*f;
                end
            end
        end
    else
        for m=1:b
            for n = 1:b
                AI{1,i}(m,n)=0;
                for t = (b+1):nd
                    c = DT{1,1}(t-m,1);
                    f=DT{1,1}(t-n,1);
                    AI{1,i}(m,n)=AI{1,i}(m,n)+Z{1,i}(t,1)*c*f;
                end
            end
        end
    end
end
% Membuat vektor b
for i = 1:md
    b=o(i);
    if konst(i)==1
        for n = 1:(b+1)
            BI{1,i}(n,1)=0;
            for t = (b+1):nd
                if n == 1
                    f = 1;
                else
                    f = DT{1,1}(t-(n-1),1);
                end
                c = DT{1,1}(t,1);
                BI{1,i}(n,1)=BI{1,i}(n,1)+Z{1,i}(t,1)*c*f;
            end
        end
    else

```

```

        for n = 1:b
            BI{1,i}(n,1)=0;
            for t = (b+1):nd
                f = DT{1,1}(t-n,1);
                c = DT{1,1}(t,1);
                BI{1,i}(n,1)=BI{1,i}(n,1)+Z{1,i}(t,1)*c*f;
            end
        end
    end
end

% Menghitung koefisien yang baru dengan mengalikan antara invers
matriks A dengan vektor b
for i = 1:md
    b=o(i);
    if konst(i)==1
        Q=inv(AI{1,i})*BI{1,i};
        for j=1:b+1
            QI(j,i)=Q(j,1);
        end
    else
        if b~=0
            Q=inv(AI{1,i})*BI{1,i};
        else
            Q=0;
        end
        for j=1:b
            QI(j,i)=Q(j,1);
        end
    end
end

% Menghitung nilai variansi yang baru
for i=1:md
    b=o(i);
    ZE(i)=0;
    Zt(i)=0;
    if konst(i)==1
        for t=(b+1):nd
            coe(t)=QI(1,i);
            for k=1:b
                coe(t)=coe(t)+QI(k+1,i)*DT{1,1}(t-k,1);
            end
            er(t)=DT{1,1}(t,1)-coe(t);
            E{1,i}(t,1)=er(t);
            ZE(i)=ZE(i)+Z{1,i}(t,1)*er(t)^2;
            Zt(i)=Zt(i)+Z{1,i}(t,1);
        end
    else
        for t=(b+1):nd
            coe(t)=0;
            for k=1:b
                if b==0
                    QI(k,i)=0;
                end
                coe(t)=coe(t)+QI(k,i)*DT{1,1}(t-k,1);
            end
            er(t)=DT{1,1}(t,1)-coe(t);

```

```

        E{1,i}(t,1)=er(t);
        ZE(i)=ZE(i)+Z{1,i}(t,1)*er(t)^2;
        Zt(i)=Zt(i)+Z{1,i}(t,1);
    end
    end
    v(i)=ZE(i)/Zt(i);
end
it=it+1
% Menghitung nilai syarat konvergensi
konvergen1(it)=0;
konvergen2(it)=0;
for i = 1:md
    b=o(i);
    for j=1:b+konst(i)
        konl = abs(konQ(j,i)-QI(j,i));
        if konvergen1(it) < konl
            konvergen1(it)=konl;
        end
    end
    kon2=abs(konvar(i)-v(i));
    if konvergen2(it) < kon2
        konvergen2(it) = kon2;
    end
end
for i = 1:md
    b=o(i);
    for j=1:b+konst(i)
        konQ(j,i)=QI(j,i);
    end
    konvar(i)=v(i);
end
end

format long
% Menampilkan iterasi terakhir
it
% Menampilkan nilai estimasi peluang
p
% Menampilkan nilai estimasi variansi
v
% Menampilkan nilai estimasi koefisien autoregressive
QI
% Menghitung nilai Standar Error, Uji T dan p-value
for i = 1:md
    A{1,i}=inv(AI{1,i});
    b=o(i);
    for j = 1:b+konst(i)
        stderr(j,i)=(A{1,i}(j,j)*v(i))^0.5;
        ujit(j,i)=QI(j,i)/stderr(j,i);
        pval(j,i)=1-tcdf(abs(ujit(j,i)),np-1);
    end
end
% Menampilkan nilai Standar Error, Uji T dan p-value
STDER = stderr
UJI = ujit
pvalue=pval

```

```

% Menghitung nilai MSE dan AIC
pmax = 0;
bp = 0;
for i = 1:md
    if o(i)>pmax
        pmax=o(i);
    end
    bp = bp + o(i);
end
SSE = 0;
jumsisa = 0;
for t=pmax+1:nd
    pre2(t)=0;
    for i=1:md
        b=o(i);
        if konst(i)==1
            pre(i,t)=QI(1,i);
            for k=1:b
                pre(i,t)=pre(i,t)+QI(k+1,i)*DT{1,1}(t-k,1);
            end
        else
            pre(i,t)=0;
            for k=1:b
                if b==0
                    QI(k,i)=0;
                end
                pre(i,t)=pre(i,t)+QI(k,i)*DT{1,1}(t-k,1);
            end
        end
        pre2(t) = pre2(t) + pre(i,t)*p(i);
    end
    sisa(t) = DT{1,1}(t,1)-pre2(t);
    jumsisa = jumsisa + sisa(t) ;
    SSE = SSE + sisa(t)^2;
end
np=nd-pmax;
MSE = SSE/np
AIC =np*log(MSE)+2*(2*md+bp)+np*(1+log(2*22/7))
% Menghitung nilai BIC
ratasiswa = jumsisa/np;
jumrange = 0;
for t=pmax+1:nd
    jumrange = jumrange+ (sisa(t)-ratasiswa)^2;
end
varsisa=jumrange/(np-1);
para=0;
for i = 1:md
    para=para+o(i)+konst(i);
end
qvar=np*varsisa/SSE;
BIC=np*log(SSE/np)+ np*(1 + log(2*22/7))+2*(para+2)*qvar-2*qvar^2

```

### Lampiran 3. Deskriptif Data

#### Descriptive Statistics: Nikkei

| Variable | N     | N*      | Mean     | SE Mean  | StDev | Variance | Minimum | Q1    |
|----------|-------|---------|----------|----------|-------|----------|---------|-------|
| Median   |       |         |          |          |       |          |         |       |
| Nikkei   | 1487  | 0       | 11954    | 64.6     | 2490  | 6200314  | 7608    | 10365 |
| 11355    |       |         |          |          |       |          |         |       |
| Variable | Q3    | Maximum | Skewness | Kurtosis |       |          |         |       |
| Nikkei   | 13417 | 17563   | 0.61     | -0.54    |       |          |         |       |

#### Descriptive Statistics: diff nikkei

| Variable    | N     | N*      | Mean     | SE Mean  | StDev  | Variance | Minimum | Q1     |
|-------------|-------|---------|----------|----------|--------|----------|---------|--------|
| Median      |       |         |          |          |        |          |         |        |
| diff nikkei | 1486  | 1       | 2.48     | 4.25     | 163.84 | 26844.94 | -693.15 | -86.26 |
| 3.57        |       |         |          |          |        |          |         |        |
| Variable    | Q3    | Maximum | Skewness | Kurtosis |        |          |         |        |
| diff nikkei | 98.93 | 912.97  | -0.04    | 1.73     |        |          |         |        |

#### Lampiran 4. Output Program MAR (3; 2tk, 2tk, 2tk)

```
it
    2462

p =
    Columns 1 through 2
    0.36394194309832    0.42786826228193
    Column 3
    0.20818979461974

v =
    1.0e+004 *
    Columns 1 through 2
    1.54680790869576    4.14585774776031
    Column 3
    0.37942998833202

QI =
    Columns 1 through 2
    -0.25138666506775    0.16337071222419
    0.30553347360054    -0.23259990151957
    Column 3
    0.01671489126776
    -0.07593477964939

para =
    0

STDER =
    Columns 1 through 2
    0.03215766353126    0.04981452095569
    0.03252276973558    0.04886227861228
    Column 3
    0.02172562412662
    0.02213170224560

UJI =
    Columns 1 through 2
    -7.81731747467782    3.27958011218250
    9.39444813847781    -4.76031630381513
```

Column 3

0.76936299598792  
-3.43104108336197

pvalue =

Columns 1 through 2

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 0.000000000000001 | 0.00053188025414 |
| 0                 | 0.00000106093355 |

Column 3

0.22090026615351  
0.00030890275684

MSE =

2.676861759865542e+004

AIC =

1.932729870050572e+004

BIC =

1.932930376882911e+004



## Lampiran 5. Output MAR (3; 3tk, 3tk, 3tk)

it =

3252

p =

Column 1

0.63098011595566

Column 2

0.26894384589020

Column 3

0.10007603815415

v =

1.0e+004 \*

Column 1

1.74270334163202

Column 2

4.31529315593774

Column 3

0.08948546484223

QI =

Column 1

-0.10519777571199

0.15411937005043

-0.23086946086142

Column 2

0.20704263689202

-0.31132884280473

0.37601633988366

Column 3

-0.08810857205343

-0.17586221550662

0.41036627020383

para =

0

STDER =

Column 1

0.02645675190532  
0.02641410569036  
0.02614539145723

Column 2

0.06432021312357  
0.06213566114330  
0.06250000618822

Column 3

0.01444730383690  
0.01593787698986  
0.01682577520888

UJI =

Column 1

-3.97621658503112  
5.83473738831546  
-8.83021626350729

Column 2

3.21893580318636  
-5.01046962527223  
6.01626084245945

Column 3

-6.09861694943995  
-11.03423094672569  
24.38914493444167

pvalue =

1.0e-003 \*

Column 1

0.03669962713393  
0.00000330356376  
0

Column 2

0.65728320154335  
0.00030413413465  
0.00000112291410

Column 3

0.00000068148431  
0  
0

MSE =

2.676059294601611e+004

AIC =

1.931982139719489e+004

BIC =

1.932182851516720e+004

## Lampiran 6. Output Program MAR (3; 2k, 2k, 2k)

it =

3188

p =

0.28254540448751    0.13540130522569    0.58205329028679

v =

1.0e+004 \*

1.74270852437076    6.92154838207894    1.47000163887866

QI =

18.43362123475244    0.31010904853057    -0.15716307028028  
0.10225163505566    0.27330650352411    0.19047406250417  
-0.53930878189038    -0.30000000000000    -0.30000000000000

para =

0

STDER =

6.45423619828251    0.11399802608883    0.02518375380558  
0.03945427537615    0.11276483263851    0.02512880439141  
0.03979151412461    0    0

UJI =

2.85604999080413    2.72030191372732    -6.24065306123979  
2.59164904388219    2.42368562191949    7.57990947509015  
-13.55336165900837    0    0

pvalue =

0.00217466262538    0.00329926241949    0.00000000028383  
0.00482281246432    0.00774151747776    0.00000000000003  
0    0    0

MSE =

2.676764368039090e+004

AIC =

1.932924478015963e+004

BIC =

1.933125069307174e+004

## Lampiran 7. Output Program MAR (3; 2tk, 2k, 2tk)

```
it =  
    2428  
  
p =  
    0.36329134766435    0.42852417671470    0.20818447562095  
  
v =  
    1.0e+004 *  
    1.54577690668268    4.14332281338173    0.37916712655588  
  
QI =  
    -0.25142396806084    0.53736950906556    0.01655115199931  
    0.30600120131479    0.16286507766990    -0.07588940193205  
    0    -0.23215755466720    0  
  
para =  
    0  
  
STDER =  
    0.03217535714625    8.08122929951372    0.02171892599967  
    0.03253939071639    0.04975980658307    0.02212429784743  
    0    0.04883612268639    0  
  
UJI =  
    -7.81417800330846    0.06649601058813    0.76206125475811  
    9.40402369490649    3.27302473328603    -3.43013832372838  
    0    -4.75380808091690    0  
  
pvalue =  
    0.000000000000001    0.47349595444074    0.22307239379502  
    0    0.00054427928100    0.00030992415925  
    0    0.00000109514905    0  
  
MSE =  
    2.676747259705290e+004  
  
AIC =  
    1.932923530804022e+004  
  
BIC =  
    1.933124182017787e+004
```

## Lampiran 8. Output Program MAR (3; 2tk, 2k, 2k)

```
it =  
    3289  
  
p =  
    0.32758638371187    0.40444671704685    0.26796689924129  
  
v =  
    1.0e+004 *  
    1.55489815697479    4.31554368851488    0.55396617603044  
  
QI =  
    -0.27053850682074    -4.27726594714092    12.83192588386144  
    0.33096940259023    0.16571468138618    0.01216545720087  
    0    -0.23470693882206    -0.07754941713085  
  
para =  
    0  
  
STDER =  
    0.03392074176103    8.48995915892404    3.74822668743909  
    0.03425836366851    0.05231415817993    0.02311001823129  
    0    0.05130766027687    0.02349216242333  
  
UJI =  
    -7.97560704086857    -0.50380288845618    3.42346580233882  
    9.66098106123058    3.16768322671289    0.52641486818060  
    0    -4.57450091381155    -3.30107615184185  
  
pvalue =  
    0.000000000000000    0.30723741411628    0.00031757171237  
    0    0.00078397569300    0.29933940602086  
    0    0.00000258589301    0.00049303361739  
  
MSE =  
    2.676335807839912e+004  
  
AIC =  
    1.933100748730291e+004  
  
BIC =  
    1.933301780472165e+004
```

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pemodelan MAR (3; 3, 3, 3) tanpa konstanta diperoleh model

$$\begin{aligned} F(X_t | \mathcal{F}_{t-1}) = & 0.631\Phi\left(\frac{X_t + 0.1052X_{t-1} - 0.1541X_{t-2} + 0.2309X_{t-3}}{132.01}\right) \\ & + 0.2689\Phi\left(\frac{X_t - 0.2070X_{t-1} + 0.3113X_{t-2} - 0.3760X_{t-3}}{207.73}\right) \\ & + 0.1\Phi\left(\frac{X_t + 0.0881X_{t-1} + 0.1759X_{t-2} - 0.4104X_{t-3}}{0.2992}\right) \end{aligned}$$

dengan MSE sebesar 26760.59, AIC sebesar 19319.82, dan BIC nya 19321.83.

2. Untuk membantu para pemegang saham untuk mengambil keputusan, model peramalan yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} X_t = & 0.631(0.8948X_{t-1} + 0.2593X_{t-2} - 0.385X_{t-3} + 0.2309X_{t-4}) + \\ & 0.2689(1.2070X_{t-1} - 0.5183X_{t-2} + 0.6873X_{t-3} - 0.3760X_{t-4}) + \\ & 0.1(0.9119X_{t-1} - 0.0878X_{t-2} + 0.5863X_{t-3} - 0.4104X_{t-4}) \end{aligned}$$

#### 5.2 Saran

1. Untuk mengidentifikasi data perlu dilakukan uji stasioneritas varian. Jika data tidak stasioner dalam varian sebaiknya dilakukan transformasi Box-Cox.
2. Data Indeks Harga Saham Nikkei 225 dapat dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan model *mixture autoregressive* dengan pendekatan Bayesian dengan memanfaatkan *Reversible Jump*. Sehingga jumlah komponen yang diperoleh akan *adaptive*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bilmes, Jeff A (1998), "A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian *Mixture* and Hidden Markov Models", *International Computer Science Institute*, Berkeley, USA.
- Box, Jenkins, dan Reinsel (1994), *Time series Analysis Forecasting and Control Third Edition*, Prentice-Hall International, Inc., USA.
- Chan, K.S. dan Tong, H. (1998), "A Note On Testing for Multi-Modality with Dependent Data", Unpublished.
- Cryer, J.D (1986), *Time series Analysis*, University of IOWA, PWS KENT Publishing Company, Boston.
- Dalrymple, M.L., Hudson , I.L, dan Ford, R.P.K (2003), Finite Mixture, Zero Inflated Poisson and Hurdle Models with Application to AIDS, *Computational Statistics and Data Analysis*, **41** (3-4), 491 – 504.
- Damayanti, Ika (2003), "Peramalan Indeks Nikkei 225 dengan Pendekatan Timeseries di PT Kudamas Forexindo Surabaya", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dempster, A. P., Laird, N. M. dan Rubin D. B. (1977), "Maximum Likelihood from Incomplete Data Via The EM Algorithm, *J. R. Statistics Society B*, Vol 39, hal 1-38.
- Engle, R.F. (1982), "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of U.K Inflation", *Econometrica*, Vol. 50, hal 987-1008.
- Frensidi, Budi (2006), "Metode Penghitungan Indeks Saham", *Manajemen Usahawan Indonesia*, Vol. Januari 2006.
- Gamerman, D., (1995), *Markov Chain Monte Carlo*, London : Chapman & Hall
- Granger, C. W. J. dan Terasvirta, T. (1993), *Modelling Nonlinear Economic Relationship*, Oxford University Press, New York.
- Hamilton, J.D. dan Susmel, R. (1994), "Autoregressive Conditional heteroskedasticity and Changes in Regime," *Journal of Econometrics*, Vol. 64, hal. 307-333.



- Hadiyat, M. Arbi (2007), *Pemodelan Markov Switching Garch (Penerapan Pada Return Indeks Dow Jones)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Historini, D. M, Iriawan, N, dan Suhartono (2009). “On Mixture Autoregressive Modelling using EM Algorithms (Applied in Nikkei 225 Stock Exchange Index Stock Exchange Index)”
- Jin, S. dan Li, W. K. (2006), “Modeling Panel *Time series* with *Mixture Autoregressive Model*”, *Journal of Data Science*, No. 4, hal. 425 – 446.
- Lange, K. (1999), *Numerical Analysis for Statisticians*, Springer-Verlag Inc., New York.
- Lanne, M. dan Saikkonen, P. (2005), “On *Mixture Autoregressive Models*”, *Technical Report*, University of Helsinki.
- Le, N. D., Martin, R. D. Dan Rafetery, A. E. (1996), “Modelling flat stretches, bursts, and *outliers* in *time series* using *mixture* transition distribution models”, *Journal of American Statistics Association*, Vol 91, hal 1504-1514.
- Louis, T. A. (1982), “Finding The Observed Information Matrix When Using EM Algorithm”, *J. R. Statistics Society B*, Vol 44, hal 226-233.
- Makridakis, Wheelwright, dan McGee (1999), *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Mathworks. Inc. (2001). *Optimization Toolbox for Use with MATLAB : User’s Guide*, Version 2.
- Nash, S.G., dan Sofer, A. (1996), *Linear and Nonlinear Programming*, McGraw-Hill Co., Singapura.
- Nocedal, J., dan Wright, S.J. (1999), *Numerical Optimization*, Springer-Verlag Inc., New York
- Suad, Husnan (1998), *Dasar-dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas Edisi Ketiga*, UPP AMP YKPN, Yogyakarta.
- Wei, W. W. S. (1994). *Time series Analysis, Univariate and Multivariate Methods*. Addison-Wesley Publishing Co. Inc.
- Wirastuti, A.P., (2006), Analisis Statistik pada Indeks Berjangka Nikkei dan Dow Jones di Pasar Modal dengan Menggunakan ARIMA dan ARCH-GARCH, TA, FMIPA-ITS, Surabaya.

Wong, C.S., dan Chan, W.S. (2006), “*Mixture Gaussian Time series* Modelling of Long-Term Market Returns,” *Research Report*, The Chinese University of Hong Kong

Wong, Li (2000), “On *Mixture Autoregressive Model*”, *Journal of The Royal Statistical Society*, Series B, Vol. 62, No. 1, hal 95-115.

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1. Indeks Harga Saham Nikkei 225 .....         | 56 |
| Lampiran 2. Listing program model MAR .....             | 64 |
| Lampiran 3. Deskriptif Data .....                       | 70 |
| Lampiran 4. Output Program MAR (3; 2tk, 2tk, 2tk) ..... | 72 |
| Lampiran 5. Output Program MAR (3; 3tk, 3tk, 3tk) ..... | 74 |
| Lampiran 6. Output Program MAR (3; 2k, 2k, 2k) .....    | 78 |
| Lampiran 7. Output Program MAR (3; 2tk, 2k, 2tk) .....  | 80 |
| Lampiran 8. Output Program MAR (3; 2tk, 2k, 2k) .....   | 82 |

